



---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr  
**Marc Herrmann**

**Detektion von Stille im  
terrestrischen und im  
Online-Hörfunk**

**2017**

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Detektion von Stille im terrestrischen und im Online-Hörfunk**

Autor/in:  
**Herr Marc Herrmann**

Studiengang:  
**Media and Acoustical Engineering**

Seminargruppe:  
**MG13wA-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel**

Zweitprüfer:  
**Dipl.-Ing. (FH) Daniel Mariano**

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Detection of silence in terrestrial and online-radio broadcasting**

author:

**Mr. Marc Herrmann**

course of studies:

**Media and Acoustical Engineering**

seminar group:

**MG13wA-B**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel**

second examiner:

**Dipl.-Ing. (FH) Daniel Mariano**

submission:

**Mittweida, 23.01.2017**

---

## **Bibliografische Angaben**

Herrmann, Marc:

Detektion von Stille im terrestrischen und Online-Hörfunk

Detection of silence in terrestrial and online-radio broadcasting

55 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2017

## **Abstract**

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit war es, zu ergründen, ob die zur Detektion von Stille verfügbaren Geräte den Ansprüchen eines modernen Funkhauses heute und zukünftig genügen können. Dazu gibt der Autor einen generellen Überblick über die Verfahren zur Detektion von Stille im Rundfunk und die Probleme an diesen Lösungen. Es wurden zunächst grundlegende Definitionen getätigt, grundlegende Prinzipien der Detektion von Stille sowohl analoger als auch digitaler Verfahren erörtert und anschließend Lösungen in der Praxis sowie die Produkte am Markt betrachtet und abgewogen. Schließlich wurde anhand der gesammelten Anforderungen und Informationen ein neuartiger, Cloud-basierter Lösungsansatz erarbeitet.

The target of this bachelor thesis was to figure out if the devices for detection of silence available on the market meet the requirements of a modern broadcasting centre today and in the future. For that to happen, the author gives a general overview on procedures of silence detection in broadcast and the problems of these procedures. Basic definitions were made, basic principles of silence detection in an analog and digital way were discussed. Afterwards, solutions in the practice and products available on the market were examined. Finally a new, cloud-based solution approach was made based on the requirements and informations collected.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Technische Grundlagen .....</b>	<b>2</b>
2.1 Rauschen.....	2
2.2 Störgeräusche.....	4
2.3 Störabstand.....	5
2.4 Pegelverhältnisse in digitalen Systemen .....	6
<b>3 Silence Detector und Modulationswächter .....</b>	<b>8</b>
3.1 Notwendigkeit von SDU .....	10
3.2 Position im Sendeweg .....	16
3.3 Analoge SDU .....	17
3.4 Digitale SDU .....	19
3.5 Integrierte Lösungen .....	22
3.5.1 Lösungen im Sendepult.....	22
3.5.2 Lösung im Sendeprozessor.....	24
<b>4 Anforderungen an SDU .....</b>	<b>26</b>
<b>5 Situation in der Praxis .....</b>	<b>29</b>
<b>6 Probleme, Kosten und Nutzen .....</b>	<b>34</b>
<b>7 Cloudbasierte SDU.....</b>	<b>38</b>
7.1 Definitionen zu Cloud Computing .....	38
7.2 Anforderungen an einen Cloud-basierten SDU-Dienst.....	41
7.3 Grundprinzip .....	44
7.3.1 Nutzerseite .....	44
7.3.2 Technische Realisierung .....	45
7.4 Bewertung.....	48
<b>8 Schlussbetrachtung und Zukunftsausblick .....</b>	<b>50</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>Anhang 1 .....</b>	<b>XIV</b>

---

<b>Anhang 2 .....</b>	<b>XV</b>
<b>Anhang 3 .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Anhang 4 .....</b>	<b>XVII</b>
<b>Anhang 5 .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>Anhang 6 .....</b>	<b>XIX</b>
<b>Anhang 7 .....</b>	<b>XX</b>
<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>XXI</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AES	Audio Engineering Society
AM	Amplitudenmodulation
DAB+	Digital Audio Broadcast+
dBFS	Dezibel Full Scale
dBr	Dezibel relativ
DIN	Deutsches Institut für Normung
DSP	Digital Signal Processor
EBU	European Broadcast Union
FM	Frequenzmodulation
IaaS	Infrastructure as a Service
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organisation for Standardization
PaaS	Platform as a Service
PCM	Puls-Code-Modulation
PDM	Puls-Distance-Modulation bzw. Pulsweitenmodulation
RX	Receiver
SaaS	Software as a Service
SächsPRG	Sächsisches Privatrundfunkgesetz
SDU	Silence Detection Unit / Silence Detection Units
SRC	Sample Rate Converter
TX	Transceiver

---

UKW	Ultra Kurzwelle
ZGR	Zentraler Geräteraum



# 1 Einleitung

Das ungewollte Senden von Stille ist für jeden Radiosender peinlich. Doch aus der Peinlichkeit kann auch ein Problem werden: Der Ruf des Senders bei den Hörern leidet, Werbepartner werden nicht zufrieden gestellt – und unter Umständen werden sogar die Landesmedienanstalten auf den Plan gerufen.

Geräte zur Detektion von Stille sind daher ein essentieller Bestandteil in jedem Funkhaus. Die inzwischen starke Präsenz reiner Webradio-Sender, sowie die hohe Vielfalt an Verbreitungswegen, macht die Überwachung des gesendeten Programms jedoch zunehmend komplexer. Ebenso ist der technische Wandel innerhalb moderner Funkhäuser zu betrachten. Er wirft meist Probleme auf, die früher keine Rolle spielten oder gar nicht bekannt waren. Die zunehmende Digitalisierung der Funkhäuser, aus denen Hörfunkprogramme verbreitet werden, trägt auch zu einer grundlegenden Veränderung der Aufgaben und des Umgangs von und mit technischem Personal bei.

Diese Arbeit soll ergründen, ob die zur Detektion von Stille verfügbaren Geräte den Ansprüchen eines modernen Funkhauses heute und zukünftig genügen können.

Hierzu werden zunächst einige Begrifflichkeiten definiert, um die Grundlagen zu verstehen, die zur Detektion von Stille notwendig sind und um die wesentlichen Einflussfaktoren bestimmen zu können. Anschließend werden prinzipielle Funktionsweisen der Geräte für diese Aufgabe beschrieben und analysiert. Ebenso wird die Alternative analysiert, diese Aufgabe über nicht speziell dafür ausgelegte Systeme wie das Sendemischpult, die Kreuzschiene oder den Sendeprozessor durchzuführen. Es werden darauf aufbauend Spezifikationen für die Funktionalität der Geräte definiert, anhand von Quellen aus der Praxis wird die Umsetzung verschiedener Lösungen der Detektion von Stille in Sendern ergründet und analysiert, sowie Probleme der Geräte gegen deren Kosten und Nutzen abgewogen.

Unter Zuhilfenahme der vorangestellten Leitfrage, wie die aktuellen Lösungen zur Detektion von Stille am Markt aufgebaut sind und wo deren Probleme liegen, soll die Möglichkeit einer Alternative unter Einbezug der zukunftsweisenden Technologie des Cloud Computing ausgearbeitet und bewertet werden. Abschließend sollen die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse diskutiert werden.

## 2 Technische Grundlagen

Dieses Kapitel dient dazu, zunächst einige zentrale Begriffe zu definieren, die für ein grundsätzliches technisches Verständnis der Thematik nötig sind. Die späteren Kapitel beziehen sich in einigen Punkten direkt oder indirekt auf die hier dargelegten Definitionen und wenden diese an.

Es sei an dieser Stelle auf die in dieser Arbeit zentrale Begrifflichkeit der Stille eingegangen. Stille ist zunächst einmal als die Abwesenheit bzw. das Nichtvorhandensein von Signal zu betrachten. Hierbei muss jedoch differenziert werden zwischen dem reinen Nichtvorhandensein von Signal aus physikalisch technischer Sicht und dem, was in der Audiotechnik als Stille betrachtet wird. Weder in digitalen noch in analogen Systemen der Audio- bzw. Rundfunktechnik ist physisch absolute Stille möglich, zumindest ein Rauschen bzw. ein Störgeräusch ist zu hören. Die Erläuterung der Faktoren, die hierfür ausschlaggebend sind, wird in diesem Kapitel durchgeführt.

In Bezug auf diese Arbeit wird also Stille aus der pragmatischen Sicht der Rundfunktechnik betrachtet: Stille stellt die ungewollte Abwesenheit eines Audiosignals dar.

Da es keine Normen für Geräte innerhalb der Sendekette gibt, werden die DIN IEC und DIN ISO-Normen für elektroakustische Geräte genutzt. Hierbei sind DIN ISO 60268 bzw. DIN IEC 60268 gemeint. Die verwendeten Normen werden innerhalb der Definitionen noch einmal einzeln quellrichtig angegeben.

### 2.1 Rauschen

Rauschen ist ein vielschichtiger Begriff. Im „Handbuch der Tonstudientechnik“ wird Rauschen als „Schallsignal statistischer Natur, bei dem nur ein kontinuierliches Frequenzspektrum angegeben werden kann“<sup>1</sup> definiert. Zur künstlichen Erzeugung von Rauschen werden Rauschgeneratoren verwendet. Diese Rauschgeneratoren können diverse elektronische Schaltungsglieder, wie beispielsweise geheizte Widerstände oder Dioden, sein.

---

<sup>1</sup> Dickreiter, Michael (Hrsg.) et al. (2013): Handbuch der Tonstudientechnik. 2 Bände, 8. Auflage, Konstanz u.a., S. 3

Rauschen lässt sich in zwei Überkategorien unterteilen. Diese liefert uns DIN IEC 60268 Teil 2. Hier wird zwischen „für Prüfzwecke benutzte[s] Rauschen“<sup>2</sup> und „Rauschen als Störgeräusch“<sup>3</sup> unterschieden. Auf Rauschen als Störgeräusch wird in Abschnitt 2.2 „Störabstand“ näher eingegangen.

### **Rauschen für Prüfzwecke**

Gemäß DIN IEC 60268 Teil 2 ist Rauschen für Prüfzwecke „ein stationäres Rauschen mit normaler Verteilung der Augenblickswerte. Wenn nicht anders angegeben, ist der Mittelwert Null“<sup>4</sup>. Weiterhin wird zwischen weißem Rauschen, rosa Rauschen sowie Breitband- und Schmalbandrauschen unterschieden.

### **Weißes Rauschen**

Weißes Rauschen wird gemäß DIN und IEC als „ein Rauschen, dessen Energie je Einheit Bandbreite von der Frequenz unabhängig ist“<sup>5</sup> definiert. Das bedeutet zunächst, dass die Amplituden der Teilschwingungen über das gesamte Spektrum verteilt konstant sind. Ebenso bedeutet es jedoch, dass bei steigender Tonhöhe die Komponenten zunehmend lauter werden. Das geht darauf zurück, dass hohe Frequenzen überhöht wahrgenommen werden, da das Gehör die Summe der Schwingungen zwischen 100 Hz und 110 Hz ebenso laut wahrnimmt, wie die Summe aller Schwingungen zwischen 1000 Hz und 1100 Hz, was jedoch zehnfach so viele sind.<sup>6</sup>

### **Rosa Rauschen**

Rosa Rauschen definieren DIN und IEC wie folgt: „Ein Rauschen, dessen Energie je Einheit Bandbreite umgekehrt proportional zur Frequenz ist.“<sup>7</sup> Bei rosa Rauschen kann auch von gehörrichtigem Rauschen gesprochen werden. Pro Frequenzverdopplung, also pro Oktave, fällt hier der Pegel um 3 dB ab. So bleibt die Leistung nicht wie in beim weißen Rauschen in einem absoluten Frequenzband, sondern in einem relativen

---

<sup>2</sup> Norm DIN IEC 60268 Teil 2, August 1994, Elektroakustische Geräte - Allgemeine Begriffe und Berechnungsverfahren, S.3

<sup>3</sup> Norm DIN IEC 60268-2, S.3

<sup>4</sup> DIN IEC 60268-2, S.3

<sup>5</sup> DIN IEC 60268-2, S.3

<sup>6</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 3

<sup>7</sup> DIN IEC 60268-2, S.3

Frequenzband konstant. Die statistische Frequenz-Amplitudenverteilung entspricht eher der von Musik und Sprache, verglichen mit weißem Rauschen.<sup>8</sup>

### Einordnung

Rauschen an sich lässt sich also gemäß den eben getätigten Definitionen nicht vollständig unterdrücken. Da jedoch die statistische Verteilung von rosa und weißem Rauschen im Frequenzbereich bekannt ist, kann durchaus eine automatische Erkennung von Rauschen durchgeführt werden. Das kann beispielsweise anhand der statistischen Verteilung über den Frequenzbereich geschehen. Eine Verwendung hierfür findet sich in Kapitel 4 „Anforderungen an SDU“.

## 2.2 Störgeräusche

Störgeräusche können vielschichtiger Natur und Herkunft sein. Zu den prominentesten Störgeräuschen zählen unter anderem Rauschen, Brummen, Knacken und Hochfrequenz-Einstreuungen.<sup>9</sup>

Rauschen ist hierbei das einzige Störgeräusch, das auch in voll digitalen Systemen auftritt. Dies ist in der Physik der Bauelemente, vor allem beim Wandlungsvorgang, begründet. Gerade hohe Widerstände in bspw. Impedanzwandlern geben ein nahezu weißes Rauschen ab. Auch Halbleiter, wie beispielsweise Transistoren und Dioden, haben ein Eigenrauschen. Dieses Grundrauschen ist auch abhängig von äußeren Einflüssen wie der thermischen Umgebung.<sup>10</sup>

Das „Handbook for Sound Engineers“ liefert eine physikalische Begründung und eine Berechnungsgrundlage:

„The random motion of electrons in electrical conductors creates a voltage variously called *thermal noise*, *white noise* or *Johnson noise* [...]. Thermal noise voltage is proportional to both temperature and the resistance of the conductor“<sup>11</sup>

Störgeräusche und Störspannungen können unbewertet und bewertet gemessen werden. Für die subjektive Wahrnehmung ist jedoch die Bewertung von Störspannungen

---

<sup>8</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 3

<sup>9</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 626

<sup>10</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 626

<sup>11</sup> Ballou, Glen (Hrsg.) et. al. (2015): Handbook for Sound Engineers. 5. Auflage, Burlington (USA) u.a., S. 867

sinnvoll, da die Beurteilung der Störwirkung durch das Gehör erfolgt. Die gängigste Bewertungskurve für den Störpegel wird in DIN 45405 bzw. ITU-R BS. 468 definiert. Eine weitere Bewertungsmöglichkeit ist die aus der Akustik bekannte A-Bewertungskurve.<sup>12</sup>

Da ein modernes Funkhaus einen vorwiegend digitalen Sendeweg betreibt (mehr zum Sendeweg in Abschnitt 3.2 „Position im Sendeweg“), wird in dieser Arbeit lediglich Rauschen im Speziellen berücksichtigt. Brummen und wahrnehmbare Einstreuungen sollten in einer zeitgemäßen Sendekette nicht auftreten. Es wird jedoch von einem allgemeinen Störgeräuschpegel gesprochen.

Digitale Systeme bringen auch digitale Tonsignalstörungen mit sich. Dies können beispielsweise Quantisierungsfehler, periodische Modulationsverzerrungen, lineare Verzerrungen oder Kammfiltereffekte sein.<sup>13</sup> Diese Effekte treten jedoch vor allem bei vorhandenem Audiosignal auf und sind für die Detektion von Stille nicht weiter relevant.

## 2.3 Störabstand

Um den Störabstand genauer definieren zu können, lässt sich DIN 60268-3 zurate ziehen. Diese dient zwar der Normierung von Verstärkern, liefert jedoch eine sehr allgemeine Definition des Störabstands. Sie besagt zum Störabstand folgendes:

„Das Verhältnis, ausgedrückt in dB, der Nenn-Ausgangsspannung zu der breitbandig oder bewertet gemessenen Summe der Ausgangsspannungen oder der durch die verschiedenen Störkomponenten verursachten Oktav- oder Terzband-Ausgangsspannungen.“<sup>14</sup>

Diese Definition des Störabstands eines Verstärkers lässt sich auf jede Signalkette, in der eine analog auf digital-Wandlung (A/D Wandlung) zustande kommt, ableiten. Die Definition kann jedoch auch allgemeiner auf alle Geräte in der Signalkette angewandt werden. Es muss hierzu nicht zwangsläufig von Ausgangsspannungen gesprochen werden. Der Begriff der Nenn-Ausgangsspannung kann auch durch die Begrifflichkeit des Nenn-Signalpegels bzw. des Einstellpegels ersetzt werden. Die Ausgangsspannungen der Störkomponenten können durch die Begrifflichkeit des Störpegels ersetzt werden.

---

<sup>12</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 627 f.

<sup>13</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 1335

<sup>14</sup> Norm DIN IEC 60268 Teil 3, März 2014, Elektroakustische Geräte - Verstärker, S.43

Durch die Differenzierung von Spannungen und Pegeln lässt sich so die Betrachtung von analogen Systemen auf digitale Systeme ausweiten, in denen Spannungen eine untergeordnete Rolle spielen und keine Rückschlüsse auf Signalstärken zulassen.

Der Begriff des Störabstands, bzw. Störspannungsabstand findet zu Zeiten analoger Tonsignalspeicherung auf Magnetband seine Herkunft. Man geht vom Betriebsrauschen aus, wobei alle Rauschquellen bei magnetischer Bandaufzeichnung zusammengefasst werden. Hierbei wird der Pegelabstand zum Bezugspegel oder der Aussteuerbarkeit bei 1 kHz angegeben.<sup>15</sup>

Der Störabstand bezieht sich meist auf nach ITU-R BS 468 bewertete Störgeräusche (Siehe Abschnitt 2.2 „Störgeräusche“). Der Störabstand wird in der Fachliteratur auch Leerkanalgeräusch<sup>16</sup> genannt.

## 2.4 Pegelverhältnisse in digitalen Systemen

Um die Wechselwirkungen eines Störsignals besser zu verstehen und hinsichtlich der Detektion und Differenzierung von Störsignalen im Verhältnis zu Stille Klarheit zu schaffen, wird im Folgenden eine kurze Zusammenfassung der Pegelverhältnisse in digitalen Systemen geliefert. Diese basiert auf dem „Handbuch der Tonstudioteknik“ von Michael Dickreiter.

Die oberste Grenze ist der Systemgrenzpegel. Er bildet die Übersteuerungsgrenze:

„Es ist einer der gravierenden Unterschiede zwischen analogen und digitalen Systemen, dass im digitalen Bereich selbst bei geringfügiger Überschreitung des Systemgrenzpegels die nichtlinearen Verzerrungen sprunghaft ansteigen (clipping)“<sup>17</sup>

Ein Signal kann also unter Umständen gänzlich unbrauchbar werden, wenn der Systemgrenzpegel in einem digitalen System überschritten wird. Der Systemgrenzpegel entspricht 0 dB Full Scale (dBFS). Ihn zu überschreiten muss in jedem Fall vermieden werden. Daher existiert der zugelassene Maximalpegel. Dieser ist normalerweise in

---

<sup>15</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 441

<sup>16</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 1276

<sup>17</sup> Dickreiter, Michael (2013), S. 1274

deutschen Rundfunksystemen bei -9 dBFS angesiedelt, um genügend Sicherheitsabstand nach oben zu haben.<sup>18</sup>

Der in Abschnitt 2.3 Störabstand bereits erwähnte Nenn-Signalpegel soll im Folgenden noch etwas näher beschrieben werden. Hierbei wird im Handbuch der Tonstudioteknik vom Begriff des Einstellpegels ausgegangen. Dieser „entspricht im Funkhaus einem Pegel von -9 dBr (bezogen auf den zugelassenen Maximalpegel)“<sup>19</sup>.

Auch den minimalen Programmsignalpegel beschreibt das Handbuch der Tonstudioteknik sehr treffend:

„Der *minimale Programmsignalpegel* [...] kennzeichnet die untere Grenze der Programmdynamik, er sollte etwa 15 bis 20 dB oberhalb des im Kanal einzuhaltenden Störpegels liegen“<sup>20</sup>

Eine Unterschreitung dieses Pegels ist im Rundfunk praktisch zwar möglich, sollte allerdings so minimal wie möglich gehalten werden. Den Abstand zwischen minimalem Programmsignalpegel und dem darunterliegenden Störpegel bezeichnet man auch als Sicherheitsabstand, bzw. Footroom.<sup>21</sup>

Ein Pegelprofil für digitale Tonsignale findet sich in Anhang 1. Es gibt einen besseren Überblick über die Verhältnisse der Pegel im Gesamtgefüge.

---

<sup>18</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 1275

<sup>19</sup> Dickreiter, Michael (2013), S. 1276

<sup>20</sup> Dickreiter, Michael (2013), S. 1276

<sup>21</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 1276

### 3 Silence Detector und Modulationswächter

Ein Silence Detector, oft auch Modulationswächter genannt, überwacht den Inhalt des anliegenden Signals. Dieses Gerät wird auch Signalausfallsensor<sup>22</sup> oder Sendeausfall-Detektor<sup>23</sup> bzw. Silence Detection Unit (SDU) genannt. Im Folgenden werden die Geräte als SDU bezeichnet. Die primäre Aufgabe einer SDU ist die Vermeidung von Dead Air. Dead Air bezeichnet das Senden von Stille auf den Verbreitungswegen eines Senders, die von den Hörern ebenfalls empfangen und wahrgenommen wird.

Die SDU ist meist gekoppelt mit einem Zuspeler für den Havariefall, also in diesem Sinne das Senden von Stille. Das können ein Notband oder CD-Player sein. Die SDU schlägt nach einer definierten Zeit verbreiteter Stille an. In den meisten Fällen startet die SDU zusätzlich den Havarie-Zuspeler und schaltet das Signal auf den Havarie-Zuspeler um. Je nach Art der SDU muss, um zum normalen Sendebetrieb zurückzukehren, die SDU entweder manuell zurückgesetzt werden oder sie schaltet automatisch wieder um, wenn Signal auf dem Sendeweg detektiert wird. Für Moderatoren und Sendetechniker ist es also wichtig, nicht zu lange Stille zu generieren, da ansonsten die SDU anspricht und auf den Havarie-Zuspeler umgeschaltet wird.<sup>24</sup>

Der prominenteste Hersteller von SDU ist das britische Unternehmen Sonifex. In seiner Produktpalette befinden sich unter anderem die RB-SD1, eine analoge SDU, sowie die RB-DSD1, eine digitale SDU. Zudem finden sich noch eine analoge SDU mit Netzwerkschnittstelle (RB-SD1IP) sowie eine digitale 8-Kanal SDU (RB-DSD8). In dieser Arbeit sollen der RB-SD1 sowie der RB-DSD1 als primäre Beispiele für analoge und digitale SDU genauer betrachtet werden.<sup>25</sup>

Weitere Hersteller von SDU sind Ward-Beck Systems aus Kanada, Broadcast Tools aus den USA und Greissing Engineering aus Österreich. Deren Produkte sollen in Abschnitt 6 „Probleme, Kosten und Nutzen“ noch näher betrachtet werden.

---

<sup>22</sup> Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie (De Gruyter Reference). 2. verb. Auflage, München, S. 822

<sup>23</sup> Sonifex (Hrsg.): Sendeausfall-Detektor RB-SD1 (Modulationswächter).  
[http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1\\_id.shtml](http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1_id.shtml) (Zugriff am 16.11.2016)

<sup>24</sup> Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 822

<sup>25</sup> Sonifex (Hrsg.): Silence Detectors. <http://www.sonifex.com/category/silence/index.shtml> (Zugriff am 16.11.2016)



Zunächst jedoch soll an dieser Stelle noch die in der Branche gängige Begrifflichkeit des Modulationswächters auf ihre Sinnhaftigkeit überprüft werden. Sonifex bezeichnet seine SDU als Modulationswächter<sup>26</sup>, ebenso wie der Netzbetreiber Media Broadcast.<sup>27</sup>

Thomas Görne definiert die Begrifflichkeit der Modulation so:

„Bei der Übertragung wird ein Signal i. Allg. im Frequenzgang beschnitten und durch Rauschen gestört. [...] Der Informationsverlust lässt sich minimieren, indem man das Signal an die Anforderungen des Übertragungskanals anpasst. Diese Anpassung wird als **Modulation** [...] bezeichnet.“<sup>28</sup>

Es wird hierzu „die Information eines Signals (Nutzsignal) einem anderen Signal (Träger, engl. carrier) ‚aufmoduliert‘“<sup>29</sup>.

Prominente Beispiele hierfür sind die analogen Verfahren der Frequenzmodulation (FM) und Amplitudenmodulation (AM), sowie die Verfahren der Puls-Code-Modulation (PCM) oder der Pulsdauermodulation (PDM).<sup>30</sup>

Mittels Modulation können sowohl analoge Signale, als auch codierte oder uncodierte digitale Signale, übertragen werden, da die Modulation, wie von Thomas Görne definiert, lediglich die Einpassung eines Signals auf einen Träger meint und Signaltyp und Inhalt – sei es analog mit hoher Bandbreite oder Binär – nur eine untergeordnete Rolle spielen.

In der Radio- und Tonstudioteknik werden analoge Signale bis zum Zeitpunkt der Übergabe an den Verbreitungsweg (wie beispielsweise UKW) unmoduliert übertragen. Digitale Signale werden je nach Digitalisierungs- und Übertragungsart jedoch immer codiert und moduliert übertragen. Der digitale Funkhausstandard AES3 bzw. AES/EBU nutzt hierzu PCM.<sup>31</sup>

---

<sup>26</sup> Vgl. Sonifex (Hrsg.): Senderausfall-Detektor RB-SD1 (Modulationswächter).

[http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1\\_id.shtml](http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1_id.shtml) (Zugriff am 16.11.2016)

<sup>27</sup> Persönliches Gespräch mit Media Broadcast Störstelle am 13.10.2016

<sup>28</sup> Görne, Thomas (2011): Tontechnik. 3., neu bearbeitete Auflage, Hamburg, S. 183

<sup>29</sup> Görne, Thomas (2011), S. 191

<sup>30</sup> Görne, Thomas (2011), S. 183

<sup>31</sup> AES3-1-2009 (r2014), S. 5

Dass digitale Signale immer codiert übertragen werden, liegt in ihrer Natur, wie auch das Vieweg Handbuch Elektrotechnik definiert: „Ein digitales Signal ist eine mehrstellige Bitkette, die durch Codierung eine festgelegte Bedeutung erhält, z.B. als Zahlenwert.“<sup>32</sup>

Diese Definitionen lassen also folgende Rückschlüsse ziehen: Ein Modulationswächter – so lässt sich aus dem Begriff zumindest schließen – überwacht, ob ein Signal korrekt moduliert wird. Das erfolgt unabhängig vom Inhalt des Signals, sei es nun leises Rauschen oder normales Programm. Ist also der eingehende, bereits modulierte Datenstrom (Stream) fehlerhaft moduliert oder bricht ab, so würde der Modulationswächter Alarm schlagen, da ein Problem mit der Modulation vorliegt. Ob jedoch der korrekt modulierte Stream ein sinnvolles Signal oder nur leises Rauschen enthält, macht für den Modulationswächter keinen Unterschied. Spricht also die Media Broadcast als Betreiber eines Funkmasts von einem Modulationswächter in Bezug auf das ausgesandte und modulierte UKW oder DAB+-Signal, so ist die Begrifflichkeit korrekt. Wird der Begriff des Modulationswächters jedoch in Bezug auf den verbreiteten Inhalt verwendet, sollte eher von einer SDU gesprochen werden. Diese Arbeit bezieht sich auf SDU, daher wird von einer weiteren Verwendung des Begriffs Modulationswächter abgesehen.

### 3.1 Notwendigkeit von SDU

Ende des 20. Jahrhunderts setzte im Hörfunk die Digitalisierung ein. Diese bewirkte tief greifende Veränderungen, sowohl für Techniker als auch für Moderatoren und Organisationspersonal. Die klassischen Arbeitsfelder wie die der Sprecher und Moderatoren, aber auch die der Redakteure und Techniker veränderten und vermischten sich und neue Berufsbilder entstanden.<sup>33</sup>

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Betriebszentrale eines Radiosenders beschreibt ebenfalls das Handbuch der Tonstudioteknik:

„Die Digitalisierung des Hörfunks brachte umfangreiche neue Einrichtungen und Systeme mit sich, deren betriebliche Betreuung im Wesentlichen in der Betriebszentrale koordiniert wird. Zu den wichtigsten Funktionen gehören: [...]“

---

<sup>32</sup> Vgl. Böge, Wolfgang (Hrsg.)/Platzmann, Wilfried (Hrsg.) (2007): Vieweg Handbuch der Elektrotechnik. 4., überarbeitete Auflage, Wiesbaden, S. 697

<sup>33</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 1007, S. 1083

- Überwachung der terrestrischen und satellitengestützten Programmausstrahlung über Kontrollempfänger, [...]
- Einleitung von Havariemaßnahmen im Störfall (Studiowechsel, Ersatzprogramm)
- Störungsortung und Fehlerbeseitigung in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachabteilungen.<sup>34</sup>

Die Betriebszentrale übernimmt auch noch weitere Aufgaben, wie beispielsweise den Aufbau von Verbindungen, das Übernehmen von Signalen und Weitergabe zur Ausstrahlung oder die technische Koordination. Vieles ist hiervon inzwischen in weiten Teilen automatisiert.<sup>35</sup>

Doch nicht nur die Betriebszentrale eines Hörfunksenders wurde im Laufe der Zeit digitalisiert, auch in den Studios findet sich zunehmend moderne und sehr oft auch automatisiert oder teilautomatisiert arbeitende Digitaltechnik. So wird ein Selbstfahrerbetrieb möglich. Hierbei übernimmt der Moderator die Aufgaben von Sendetechniker und Ablaufredakteur. Regie und Sprecherraum sind nicht mehr räumlich getrennt. Der Arbeitsplatz des Moderators muss ergonomischer sein, sodass er alle Bedienelemente erreichen kann, ohne dass das Mikrofon verlassen werden muss. Zusätzlich verwaltet er meist noch mehrere Gästemikrofone.<sup>36</sup>

Hinzu kommt bei diesem Betriebsmodell noch ein weiterer Umstand, wie Andreas Friesecke beschreibt: „Der Moderator ist meistens technisch nur grundlegend ausgebildet.“<sup>37</sup>

Anhand dieser Vielzahl von Anforderungen und der meist eher peripheren Technikenkenntnisse des Moderators lässt sich erschließen, dass auch das Risiko von Fehlern höher ist, als bei konventionellem Regiebetrieb, bei dem die Aufgaben zwischen Techniker und Moderator aufgeteilt sind. Ebenso sind hierbei deren Arbeitsplätze meist räumlich in einen Sprecherraum für den Moderator und eventuelle Gäste sowie einen Regieraum für den Sendetechniker unterteilt.<sup>38</sup> Sowohl bei einem konventionellen Regiebetrieb, als auch beim sogenannten Selbstfahrerbetrieb kommen diverse Zuspäher zum Einsatz. Das können Ausspielcomputer, CD-Player, Plattenspieler und Cartwall

---

<sup>34</sup> Dickreiter, Michael (2013), S. 1008

<sup>35</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S. 1008

<sup>36</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S.1024 f.

<sup>37</sup> Friesecke, Andreas (2014), S. 817

<sup>38</sup> Vgl. Dickreiter, Michael (2013), S.1024

sein.<sup>39</sup> Auch diese vielen Zuspätkommer können Fehlerquellen darstellen, entweder durch Fehlbedienung oder einen technischen Defekt.

Hinzu kommt, dass viele kleinere, aber auch immer mehr größere Sender ihre Studios nicht mehr rund um die Uhr besetzen. Techniker sind nur noch zu den Kernarbeitszeiten, zwischen 9 Uhr und 17:30 Uhr, in den Funkhäusern anwesend. Außerhalb dieser Zeiten hat meist nur ein Techniker Rufbereitschaft für Notfälle, erklärt Dietmar Jenß, Geschäftsführer von Perfect Broadcast, im Gespräch. Kleinere Niederlassungen dieser Sender haben oftmals gar kein eigenes technisches Personal mehr. Hier werden lediglich regelmäßige Besuche durch Techniker aus der Zentrale des Senders durchgeführt. In Problemfällen kann es dementsprechend eine Weile dauern, bis der Fehler behoben werden kann.<sup>40</sup>

Außerhalb der Sendezeit, in der moderierte Sendungen stattfinden, kommen entweder ein Mantelprogramm oder ein automatisierter Sendeablauf zum Einsatz. Das Mantelprogramm ist ein „extern erstelltes Programm, welches einzelne Beiträge, Nachrichten, Wetter und auch ganze Musikstrecken beinhaltet“<sup>41</sup>. Der automatisierte Sendeablauf hingegen wird durch den Ausspielcomputer gesteuert. Verlässt der Moderator das Studio, kann er den Ausspielcomputer auf Automatikbetrieb stellen und dieser wickelt das Programm nach dem vorher definierten Sendeablauf vollautomatisch ab. Ebenso ist es möglich, dass der Ausspielcomputer Teile des Programms als Mantelprogramm empfängt und dieses in den vorgeplanten Sendeablauf integriert.<sup>42</sup>

Sowohl das Mantelprogramm, als auch der Ausspielcomputer können ausfallen, während niemand im Studio oder gar im Sender ist. Diese Ausfälle können durch Planungsfehlern oder technisches Versagen entstehen, da eine Sendeautomation oft ein sehr komplexes, netzwerkbasiertes System ist. Auch einzelne Zuspätkommer können während einer Sendung ausfallen und ein anderer Zuspätkommer nicht schnell genug einsatzfähig sein. In diesen Fällen würde Stille gesendet werden. Sofern kein fachkundiges Personal zum Zeitpunkt des Ausfalls im Sender ist, wird der Ausfall unter Umständen erst nach einigen Minuten oder gar Stunden bemerkt und behoben.

Auch vielfältige Verbreitungswege können Probleme, Aufwand und Auflagen mit sich bringen. Radiosender verbreiten ihr Programm meist auf mehreren Wegen: Analog via

---

<sup>39</sup> Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 817

<sup>40</sup> Persönliches Gespräch mit Dietmar Jenß am 13.12.2016

<sup>41</sup> Friesecke, Andreas (2014), S. 817 f.

<sup>42</sup> Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 818 ff.

Ultra Kurzwelle (UKW) und Kabel oder digital via Digital Audio Broadcast+ (DAB+) und Webradio bzw. Online-Streaming, wobei ein Sender nicht immer alle dieser Medien gleichzeitig bedienen muss.<sup>43</sup> Auch Elemente, die zur Übertragung in einzelne Medien benötigt werden, können ausfallen.

Ein kurzer Blick auf den Markt zeigt, dass Webradiosender bzw. Online-Streams größerer Sender inzwischen stark vertreten sind. So gab es laut BLM (Bayerische Landeszentrale für neue Medien) und BVDW (Bundesverband Digitale Wirtschaft) 2016 insgesamt 2.453 Webradioangebote.<sup>44</sup> Auch die Nachfrage nach Verbreitungsportalen wie Radio.de oder Phonostar, die diese Angebote für den Nutzer gebündelt zur Verfügung stellen, ist ungebrochen. So verzeichnete Radio.de allein im Februar 2015 laut einer von der IVW für Horizont erhobenen Studie 18,37 Millionen Seitenaufrufe (Visits).<sup>45</sup>

Lea Braskamp schlussfolgert hierzu auf eine mögliche Ursache dieses Trends: „Nativen Internetsendern ist es möglich die individuellen Bedürfnisse der Nutzer zu bedienen und Spartenprogramme abseits des Mainstream zu produzieren, die sie dann weltweit verbreiten können“<sup>46</sup>

Natürlich haben reine Webradiosender, wie beispielsweise Kochblogradio.de, als „nicht-kommerzielle“<sup>47</sup> Sender deutlich weniger Budget als die größeren öffentlich-rechtlichen oder privaten Radiosender, die meist auf allen populären Verbreitungswegen empfangbar sind. Allein der WDR hat in 2016 Erträge von rund 1,42 Milliarden Euro erwirtschaftet, wovon rund 81 Millionen Euro als „direkter Programmaufwand Hörfunk“, also in der Betrachtung noch ohne Sachanlagen und Immobilien, aufgewandt werden.<sup>48</sup>

---

<sup>43</sup> Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 829 ff

<sup>44</sup> BLM, BVDW (Hrsg.): Anzahl der Webradioangebote in Deutschland in den Jahren 2006 bis 2016.

In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/20052/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-webradioangebote-in-deutschland-seit-2006/> (Zugriff am 12.11.2016)

<sup>45</sup> Horizont (Hrsg.): Anzahl der Visits ausgewählter Webradio- und Audioportale in Deutschland im Februar 2015 (in Millionen). In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/413481/umfrage/ausgewaehlte-webradio-und-audioportale-nach-visits-in-deutschland/> (Zugriff am 12.11.2016)

<sup>46</sup> Braskamp, Lea (2011): Das Webradio als Substitution klassischer Hörfunk Medien - Gemessen am Konsumverhalten der Verbraucher. Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Medien, S. 52

<sup>47</sup> Leuker, Hendrik, Radioszene (Hrsg.): Kochblogradio: Radio für Geniesser. <http://www.radioszene.de/84782/kochblogradio.html> (Zugriff am 14.11.2016)

<sup>48</sup> Westdeutscher Rundfunk (Hrsg.): Budget 2016. <http://www1.wdr.de/unternehmen/der-wdr/serviceangebot/services/infomaterial/finanzen-budget-100.pdf> (Zugriff am 14.11.2016), S. 47

In der Radiobranche wurden 2015 allein in Deutschland 760 Millionen Euro an Werbeeinnahmen generiert, das stellt eine wesentliche Einkommensquelle für private Programmanbieter dar.<sup>49</sup>

Ebenso ist jede Zulassung der Landesmedienanstalten an einen Programmanbieter mit Auflagen verbunden:

„Veranstalter von Rundfunk bedürfen einer Zulassung durch die Landesanstalt. Die Zulassungen werden nach Maßgabe der Bestimmungen dieses Gesetzes und auf der Grundlage einer Gesamtbewertung durch die Landesanstalt erteilt.“<sup>50</sup>

Diese erteilte Zulassung bestimmt unter anderem auch „den zeitlichen Sendeumfang“<sup>51</sup>. Kommt es zu einem oder mehreren Sendeausfällen, sodass der innerhalb der Zulassung definierte zeitliche Rahmen nicht eingehalten werden kann, kann die Landesmedienanstalt die Zulassung widerrufen. Sofern es sich um einen Sender handelt, der in einem Umfeld begrenzter technischer Kapazitäten sendet, wie beispielsweise der begrenzten Anzahl an UKW-Frequenzen, so gilt es noch einen weiteren Absatz des Sächsischen Privatrundfunkgesetzes zu beachten:

“Die Zulassung kann widerrufen werden, wenn [...] der Veranstalter auf ihm zugeordnete oder zustehende Übertragungskapazitäten verzichtet oder diese nicht vollständig oder nicht in angemessener Zeit effektiv nutzt.“<sup>52</sup>

Diese Reglementierung bedeutet also, dass auch bei einer übermäßigen Zahl und Dauer von Sendeausfällen die Landesmedienanstalt Zweifel daran erheben kann, dass die teils begrenzten Kapazitäten effektiv genutzt werden und sich das Recht vorbehält, die Zulassung zu widerrufen. Das kam bislang nach Recherchen des Autors noch nicht vor, kann allerdings zumindest zu einer Beanstandung durch die zuständige Landesmedienanstalt, was oft auch als Rüge bezeichnet wird, führen.<sup>53</sup>

Auch Webradiosender sind ab einer gewissen Größe zulassungspflichtig: “Kein Rundfunk sind Angebote, die [...] jedenfalls weniger als 500 potenziellen Nutzern zum

---

<sup>49</sup> VPRT (Hrsg.): Entwicklung der Nettoumsätze mit Radiowerbung in Deutschland in den Jahren 1997 bis 2015 und Prognose für 2016 (in Millionen Euro). In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/204204/umfrage/entwicklung-der-nettoumsaetze-mit-radiowerbung-seit-1997/> (Zugriff am 15.11.2016)

<sup>50</sup> §5 Abs. 1 Sächsisches Privatrundfunkgesetz (SächsPRG)

<sup>51</sup> §11 Abs. 1 SächsPRG

<sup>52</sup> §41 Abs. 2 SächsPRG

<sup>53</sup> §39 Abs. 2 SächsPRG

zeitgleichen Empfang angeboten werden“<sup>54</sup>. Im Umkehrschluss lässt sich also ableiten, dass alle Angebote innerhalb von Telemedien, die potentiell mehr als 500 Nutzern angeboten werden, zulassungspflichtig sind.

Auf eine Anfrage des Autors an diverse Verbreitungsportale für Webradiosender, wie mit Online-Streams verfahren wird, die Stille verbreiten, reagierte nur Phonostar:

„Ob ein Stream funktioniert und Stille sendet, bekommen wir eigentlich nicht mit. Was hin und wieder passiert, ist, daß [sic!] ein Stream abbricht. Das hat dann aber mehr mit schlechter Infrastruktur im iNet [sic!] zu tun als mit Stille.“<sup>55</sup>

Es wird hier also Stille nicht automatisch detektiert, lediglich ein kompletter Abbruch des Streams wird registriert. Über die Folgen eines Abbruchs äußerte sich Phonostar nicht.

Es liegt sowohl im Interesse der Betreiber kleinerer Webradiosender, als auch großer Programmanbieter, rund um die Uhr fehler- und unterbrechungsfrei zu senden, um eventuelle Werbeeinnahmen nicht zu verlieren und die von den Landesmedienanstalten erteilte Zulassung nicht zu gefährden.

Genau hier kommt die SDU ins Spiel. Sie soll einen längeren Sendeausfall durch die Einleitung von Havariemaßnahmen verhindern.

Es sei an dieser Stelle auch noch auf eine weitere Anwendung der SDU als der Vermeidung von Sendeausfällen im Sendeweg verwiesen, nämlich der Überwachung von Zuleitungen in ein Funkhaus bzw. in ein Studio. Wichtige externe Quellen wie beispielsweise Außenschaltungen zu einem Übertragungswagen oder auch das Mantelprogramm, das live von einem anderen Funkhaus kommen kann, sollten überwacht werden. Sofern der Haupt-Übertragungsweg (beispielsweise eine Satellitenverbindung aufgrund schlechten Wetters) ausfällt, kann so blitzschnell und unbeaufsichtigt auf den Reserveweg (beispielsweise eine ISDN-Verbindung) umgeschaltet werden.

---

<sup>54</sup> §1a Abs. 1 SächsPRG

<sup>55</sup> E-Mail von Phonostar vom 17.11.2016

## 3.2 Position im Sendeweg

Der Sendeweg, auch Sendekette, Sendeabwicklung oder Air Chain genannt, ist der Weg, den das Signal nimmt, das letztendlich gesendet werden soll.

Ein Sendeweg kann beispielsweise so aufgebaut sein: Aus dem Rundfunkmischpult wird meist der Programmbus 1 (PGM1) genutzt. Das Signal, das aus diesem Programmbus kommt, nimmt dann seinen Weg durch den zentralen Vernetzungsknoten des Funkhauses (die Kreuzschiene), anschließend durch das Sende-Processing, das beispielsweise durch einen Optimod (zu Sendeprocessing siehe Abschnitt 3.5.2 „Lösung im Sendeprozessor“) erfolgen kann, weiterhin durch die SDU und wird letztendlich verbreitet. Diesen letzten Punkt nennt man Sendeübergabepunkt, hier verlässt das Sendesignal das Funkhaus. Einen genaueren, wenn auch noch immer schematischen Eindruck des Sendewegs eines mittelgroßen Rundfunksenders soll Anhang 2 geben. Anhang 2 basiert auf den Beschreibungen von Friesecke und Dickreiter, sowie auf der Realisierung bei 99drei Radio Mittweida.

„Der CD-Player befindet sich unmittelbar vor dem Sendeübergabepunkt und kann selbst bei einem Ausfall des Processings Signal liefern“<sup>56</sup>, schreibt Andreas Friesecke.

Da die Umschaltung auf einen Havarie-Zuspieler im Fall von Stille durch die SDU realisiert wird, lässt sich allgemein sagen: Die SDU befindet sich möglichst unmittelbar vor dem Sendeübergabepunkt und kann so bei einem Ausfall aller vorherigen Glieder innerhalb des Sendewegs noch immer ein Signal liefern. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die SDU auf alle Glieder des Sendewegs, die sich im Sendeweg hinter der SDU befinden, keinen Einfluss hat.

Zudem sei noch angemerkt, dass auch die Überwachung der Verbreitungswege eine Rolle spielt. Häufig wird neben der Überwachung des im Funkhaus generierten Signals auch das gesendete Signal noch einmal überwacht. Hier finden sich oft Empfänger der gängigsten Verbreitungswege wie UKW, DVB-C, DVB-S und DAB+ innerhalb eines Funkhauses. An diese wird noch einmal eine SDU gekoppelt, um festzustellen, ob einzelne Verbreitungswege nicht mehr senden. An dieser Stelle muss keine Umschaltung stattfinden, jedoch ein Alarm ausgelöst werden.

---

<sup>56</sup> Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 822



### 3.3 Analoge SDU

Bei analogen Ein- und Ausgangssignalen kann Stille auf dem Sendeweg mittels einer analogen Schaltung detektiert werden. Die grundlegendste Art dieser Beschaltung ist ein sogenannter Schmitt-Trigger:

„Als Schmitt-Trigger wird eine Kippschaltung bezeichnet, die beim Überschreiten einer bestimmten Eingangsspannung [...] vom Ruhezustand in den Arbeitszustand kippt und erst beim Unterschreiten einer bestimmten Eingangsspannung [...] wieder in den Ruhezustand zurückkippt. Schmitt-Trigger [...] werden häufig als Schwellenwertschalter eingesetzt.“<sup>57</sup>

Eine solche Schaltung ist in Anhang 3 zu finden. Diese Schaltung ist vereinfacht dem Vorbild von Paul Blitz nachempfunden.<sup>58</sup> Bei anhängender Schaltung sind alle Schaltungselemente, die nicht direkt mit der Detektion von Stille zu tun haben, in der Art eines Blockschaltbilds gezeichnet, nur die eigentliche Messschaltung wurde detaillierter gezeichnet. Den Kern der Messschaltung bilden zwei Komparatoren: Ein invertierender und ein nichtinvertierender Komparator. Der invertierende Komparator detektiert den anliegenden Pegel. Der nichtinvertierende Komparator detektiert einen fehlenden Pegel. Solange ein Pegel anliegt, produziert der in der Schaltung enthaltene Detect Low-Komparator durch kontinuierliche Signalschwankungen Impulse. Diese Impulse lösen einen Timer aus, der wiederum einen Pulsgeber auslöst, sodass der Ausgang des angehängten Flip-Flops inaktiv bleibt. Das Flip-Flop dient hierbei als binärer Speicher des Zustands der Schaltung. Liegt kein Eingangssignal an, springt der Ausgang des Detect Low-Komparators auf 0. Der Timer wird nicht mehr ausgelöst. Je nach Timer-Einstellung spricht das Flip-Flop an und der Ausgang des Flip-Flops meldet Stille.<sup>59</sup>

Der Detect High-Komparator kommt an dieser Stelle ins Spiel: Wenn wieder ein Pegel anliegt und dieser eine höhere Schwelle (Referenz-Spannung) übersteigt, als für den Detect Low-Komparator definiert, werden invertierte (negative) Impulse erzeugt. Diese setzen die Schaltung bzw. das Flip-Flop zurück. Ein Reset-Eingang für einen manuellen Reset der Schaltung ist vorgesehen. Diese Schaltung hat allerdings die Schwachstelle,

---

<sup>57</sup> Vgl. Böge, Wolfgang (Hrsg.)/Platzmann, Wilfried (Hrsg.) (2007), S. 419

<sup>58</sup> Vgl. Blitz, Paul (Hrsg.): Dead Air Detector.

[http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech\\_tips/techtip/art1.htm](http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech_tips/techtip/art1.htm) (Zugriff am 20.11.2016)

<sup>59</sup> Vgl. Blitz, Paul (Hrsg.): Dead Air Detector.

[http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech\\_tips/techtip/art1.htm](http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech_tips/techtip/art1.htm) (Zugriff am 20.11.2016)

dass sie nach einem manuellen Reset erst wieder korrekt arbeitet, wenn wieder genügend Pegel detektiert wurde.<sup>60</sup>

Im Grunde ist diese Schaltung also eine Schwellwertschaltung mit Verzögerung. Zu beachten ist hierbei auch, dass die Stereo-Eingänge korrekt aufsummiert werden. Im Fall, dass ein Kanal ausfällt, kann es ansonsten, je nach definierten Referenzspannungen an den Komparatoren, zu einem undefiniertem Verhalten kommen. Die Schwellwerte können mit den Widerständen R1, R2 und R3 angepasst werden. Alternativ kann auch über die Verstärkung der Eingangspegel an das Schaltungslevel eingepasst werden.

Der Hersteller Sonifex bietet mit den Produkten RB-SD1 und RBSD1IP SDU an, die für analoge Signale ausgelegt wurden. Das Blockschaltbild, das von Sonifex zu RB-SD1 geliefert wird, findet sich in Anhang 4. Aus diesem lassen sich einige Rückschlüsse ziehen, zum einen zur Praxisnähe der eben diskutierten Schaltung, zum anderen zur Funktionalität des Produkts. Die RB-SD1 SDU beinhaltet auch gleichzeitig einen Umschalter auf einen AUX-Kanal im Havariefall. Sie ist also kein reines Gerät zur Statusanzeige. Anders als bei der eher simplen analogen Schaltung nach Paul Blitz. Der Signalweg wird passiv durch das Gerät geführt. Am Eingang wird das Signal aufgeteilt und gleichzeitig in eine Schaltung zur Auswertung geschickt sowie auf einen Umschalter am Ausgang gelegt. Sofern die Stromzufuhr bzw. das Netzteil des Geräts ausfallen sollten, bleibt der Sendeweg davon unberührt, das Signal läuft weiterhin durch das Gerät.<sup>61</sup>

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Umschaltung nach dem von Sonifex gelieferten Blockschaltbild nur auf dem linken Kanal funktioniert: Am rechten Ausgang wird gemäß der Zeichnung nur zwischen Signal + und Signal - von jeweils Input A und Input B umgeschaltet, es wären nach diesem Schaltbild geurteilt also in egal welchem Zustand sich das Gerät befindet immer beide Eingänge auf einen Ausgang geschaltet. Das würde den Rechten Ausgang bei symmetrischer Signalführung unbrauchbar machen. Der Autor geht hierbei allerdings von einem Fehler bei der Erstellung des Blockschaltbilds aus.

---

<sup>60</sup> Vgl. Blitz, Paul (Hrsg.): Dead Air Detector.

[http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech\\_tips/techtip/art1.htm](http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech_tips/techtip/art1.htm) (Zugriff am 20.11.2016)

<sup>61</sup> Vgl. Sonifex (Hrsg.): Sendeausfall-Detektor RB-SD1 (Modulationswächter).

[http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1\\_id.shtml](http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1_id.shtml) (Zugriff am 16.11.2016)

Der Teil des Signalwegs, der ausgewertet wird, wird zunächst entsymmetriert und auf Mono summiert. Danach läuft das Signal durch einen Komparator, dessen Schwelle durch den Mikrocontroller eingestellt wird. Der Ausgangszustand des Komparators läuft in den Mikrocontroller. Dieser übernimmt alle Steuerungsaufgaben. Alle Elemente, mit denen der Benutzer interagieren kann (Knöpfe und Potentiometer zur Einstellung), sowie Status-LEDs und der Status-Ausgang (15-Pin Connector) werden vom Mikrocontroller verwaltet. Auch die Umschaltung auf den AUX-Eingang (Stereo Input B) wird von ihm gesteuert.

Auch bei diesem Steuerungskonzept kommt also eine Komparator-Schaltung zum Tragen. Die Kernfunktionen werden jedoch allesamt durch den Mikrocontroller gesteuert. Das ist ein Manko, da eine Störung oder ein Ausfall dieses Controllers entweder zu undefiniertem Verhalten oder einem Totalausfall des Geräts führen können. Diese Komponente kann auch nicht ohne weiteres durch einen geschulten Techniker gegen ein gleichwertiges Modell ausgetauscht werden, denn Mikrocontroller werden in der Regel vom Hersteller programmiert. Somit ist ein korrektes Ersatzteil erforderlich, sofern es verfügbar ist. Ansonsten droht der Austausch des gesamten Geräts. Die RB-SD1 SDU ist also eine Mischform aus digitaler und analoger SDU. Der Audio-Signalfluss und die Detektion sind zwar analog gelöst, die Steuerung erfolgt jedoch digital über einen Mikrocontroller. Dieses Gerät bietet eine breitere Möglichkeit an Einstellungen und übernimmt auch direkt die Umschaltung auf eine andere Quelle. Ebenso wird der Status des Geräts ausgegeben, sodass ein Havarie-Zuspieler gestartet werden kann.

Das Blockschaltbild lässt keinen Aufschluss über die Art der Stereosummierung, oder ob überhaupt eine solche stattfindet, zu. Eben so wenig über die Anzahl und den Aufbau der Komparatorschaltungen. Die Produktbeschreibung impliziert, dass ein separates Monitoring sowohl von Input A wie auch Input B existiert. Außerdem lässt sich ableiten, dass sowohl der linke, als auch der rechte Kanal überwacht werden. Das steht im Widerspruch zum Blockschaltbild.<sup>62</sup>,

### 3.4 Digitale SDU

Eine digitale SDU setzt voraus, dass ein digitales Signal vorhanden ist. Die Detektion von Stille erfolgt hierbei immer mittels digitaler Signalverarbeitung. Hierzu kommen meist spezialisierte Hilfsprozessoren zum Einsatz, man spricht von einem Digital Signal

---

<sup>62</sup> Vgl. Sonifex (Hrsg.): Sendeausfall-Detektor RB-SD1 (Modulationswächter).  
[http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1\\_id.shtml](http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1_id.shtml) (Zugriff am 16.11.2016)

Processor (DSP). Diese Abkürzung findet jedoch auch häufig generell Verwendung für digitale (Audio-)Signalverarbeitung. Es kann also auch eine Software auf einem weniger spezialisierten Prozessor für generelle Zwecke, wie beispielsweise dem Hauptprozessor in einem Computer, die Aufgaben des DSP übernehmen.<sup>63</sup>

Die gängigsten digitalen SDU arbeiten mit AES/EBU bzw. AES3-Signalen. Die von Sonifex angebotene SDU RB-DSD1 bietet eine solche AES/EBU Schnittstelle. Zusätzlich sind noch S/PDIF und optische TOSlink Schnittstellen vorhanden. TOSlink ist hierbei kein Übertragungsprotokoll, sondern lediglich das Verbindungssystem. Via TOSlink können beispielsweise ADAT, sowie S/PDIF Signale übertragen werden.

Das Blockschaltbild zur Sonifex RB-DSD1 findet sich in Anhang 5. Hierauf ist folgender Signalfluss zu erkennen: Zunächst wird die ausgewählte Signalquelle durch einen Receiver (RX) geleitet. Dieser passt das eingehende Signal auf die internen Signalstandards an. Nach dem RX ist ein Sample Rate Converter (SRC) geschaltet. Der SRC bezieht das eingehende Signal, sowie die vom Nutzer definierte Taktquelle (Clock), und wandelt die Abtastrate (engl. Sample Rate) auf den Systemtakt. Danach läuft das Signal in den DSP. Hier erfolgt die eigentliche Analyse des Signals anhand der vom Nutzer definierten Parameter. Diese sind, wie bei der analogen SDU, ebenfalls eine Schwelle sowie eine Zeit, ab der Stille gemeldet wird. Nach dem DSP durchläuft das Signal einen Transceiver (TX), in dem das Signal auf das Ausgangsniveau bzw. den Ausgang angepasst wird. Gemäß Handbuch wird eine erneute Wandlung der Abtastrate am Ausgang durchgeführt, diese ist jedoch nicht klar im Blockschaltbild ersichtlich. Ebenso ist hierbei nicht eindeutig erkennbar, wie die Clock den DSP oder den Ausgang beeinflusst. Generell lässt sich also festhalten, dass dieses Blockschaltbild sehr stark vereinfacht ist und so nur wenige Rückschlüsse zulässt. Auch sind die Widersprüchlichkeiten zwischen den Informationen, die aus dem Produkthandbuch im Verhältnis zum Blockschaltbild hervorgehen, anzumerken. Lediglich die passive Signalführung lässt sich hier sehr gut nachvollziehen.

Eine digitale SDU kann auch eine Software auf einem Computer sein. Das tschechische Unternehmen „Pira.CZ“ bietet ein gratis Programm namens „Pira CZ Silence Detector“ an. Diese überwacht einen beliebigen Audio-Eingang eines Computers. Sofern das Signal für eine definierte Zeit unter die per virtuellem Schieberegler definierte Schwelle fällt, bietet die Software vielfältige Möglichkeiten, um weiter zu verfahren. Unter anderem kann beispielsweise eine E-Mail versendet werden. Ebenso können Programme zur

---

<sup>63</sup> Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 325

Musikwiedergabe als Havarie-Zuspieler auf dem Computer gestartet werden, auf dem die „Pira CZ Silence Detector“-Software ausgeführt wird oder dieser Computer neu gestartet werden. Diese Aktionen können in einer Warteschlange angeordnet und evtl. zueinander verzögert ausgeführt werden.<sup>64</sup>

Diese Software bringt einige Vorteile, wie beispielsweise die Möglichkeit, E-Mails an Schlüsselpersonen zu versenden, oder den automatisierten Neustart des Systems. Jedoch überwiegen bei dieser Lösung die Probleme. Im Test des Autors stürzte die Software unter nicht näher definierbaren Umständen bereits nach wenigen Minuten ab oder löste nicht aus. Ebenso muss der Computer, auf dem diese Software ausgeführt wird, fehlerfrei laufen, solange der Sender sein Programm verbreitet. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass die Software auf einem Computer ausgeführt wird, der einen Zuspeler für den Notfall in den Sendeweg einspeisen kann. Sofern diese Lösung realisiert werden soll, muss der Computer in den Sendeweg eingeschliffen werden. Das wirft das Risiko auf, dass beispielsweise bei einem Systemfehler oder einem Update ein Neustart erforderlich ist und der Sendeweg unter Umständen für längere Zeit unterbrochen wird. Hierbei ist außerdem mit weiteren Kosten zu rechnen, da neben dem ausführenden Computer auch ein Audiointerface benötigt wird, das den Standards des Funkhauses entspricht.

Diese Software bietet also maximal eine passable Möglichkeit für kleine Webradiosender, die keine wirkliche Sendekette mehr haben, sondern lediglich digital via Webradio-Stream verbreiten, also nur einen Übertragungskanal nutzen. Stürzt der Computer ab, der den Webradio-Stream zur Verfügung stellt, so wird ohnehin kein Programm mehr verbreitet. Jedoch sind dann auch keine Indikation oder Benachrichtigung im Falle eines Sendeausfalls mehr möglich. Ebenso sind softwareseitige Wechselwirkungen zwischen der benötigten Software für den Stream und dem Pira.CZ Silence Detector nicht ganz auszuschließen.

Eine kommerzielle Software, die die Überwachung eines Ausspielsystems und Streams auf mehreren Ebenen zulässt, ist der DABiS800 Payout Monitor. Dieser wird von der Schweizer Firma Sohard angeboten. Diese Software bietet die Möglichkeit, sämtliche DABiS800 Ausspielsysteme (Playouts) der Firma Sohard auf Funktion und Zustand überwachen zu können. Ebenso können referenzierte Stream-URLs auf Funktion und Stille überwacht und abgehört werden. Die Darstellung erfolgt in einer Listenform. Bei einem Problem mit einem der Playouts oder Streams kann das Tool eine E-Mail

---

<sup>64</sup> Pira.CZ (Hrsg.): Pira CZ Silence Detector. <http://pira.cz/show.asp?art=silence> (Zugriff am 21.11.2016)

versenden und zeigt den Status entsprechend an. Laut Angaben von Perfect Broadcast läuft diese Software zuverlässiger als das Tool von Pira.cz. Mit einem stolzen Preis von 1.800€ stellt der DABiS800 Playout Monitor jedoch nur für große Sender, die auf DABiS-Systeme setzen eine Möglichkeit dar.

## 3.5 Integrierte Lösungen

Eine weitere Möglichkeit, Stille zu detektieren und Maßnahmen einzuleiten, besteht in den sogenannten integrierten Lösungen. Damit ist gemeint, dass ein Gerät in der Sendekette, welches eigentlich vorrangig anderen Aufgaben dient, die Detektion von Stille zusätzlich übernimmt. Das kann zum einen der Sendeprozessor sein. Beispielfhaft seien hierbei Modelle des „Orban Optimod“ genannt. Eine weitere Möglichkeit besteht im logikgesteuerten Mischpult des Senders bzw. im DSP Core dieses Mischpults oder in der zentralen Kreuzschiene. In diesem Abschnitt sollen zunächst die Möglichkeiten im Sendepult aufgezeigt werden. Anschließend soll die Möglichkeit der Detektion von Stille innerhalb des Orban Optimod diskutiert werden.

### 3.5.1 Lösungen im Sendepult

Nicht jedes Mischpult, welches von Radiostationen zum Senden verwendet wird, ist digital bzw. logikgesteuert. Beispielfhaft sollen in dieser Arbeit daher die Möglichkeiten in einem System des Herstellers „DHD audio“ aufgezeigt werden. Hierzu führte der Autor Tests an einem solchen System bei 99drei Radio Mittweida durch.

Die Kernkomponente eines Systems von DHD audio ist der zentrale Audio- und Logikprozessor, der DSP-Core. Dieser DSP-Core kann sowohl für die Aufgaben eines Mischpultes, als auch für die Aufgaben einer Kreuzschiene genutzt werden. 99drei Radio Mittweida besitzt zwei identische Studios, wovon eines immer On Air, also auf Sendung, ist und das andere für Vorproduktionen und Nachrichten genutzt wird. Beide Studios verfügen über einen DSP-Core des Typs 52/XC bzw. 52-7403. Im zentralen Geräteraum (ZGR) befindet sich ein DSP-Core des Typs 52/XC bzw. 52-7402. Dieser fungiert als zentraler DSP-Core und Kreuzschiene des Systems.

Beide Studios sind via APC-Link, einem proprietären Verbindungstyp von DHD audio zur Vernetzung von DSP-Cores, mit dem zentralen DSP-Core im ZGR verbunden. Über diesen wird auch die Umschaltung zwischen den Studios realisiert. Aus dem zentralen DSP-Core kommt das Signal des jeweiligen Studios, das On Air geschaltet ist und wird weiter zum Processing geschickt. Auf dem zentralen DSP-Core liegen auch die Rückleitungen der UKW-Empfänger für die Studios auf, damit es dem Moderator möglich ist, das gesendete UKW-Signal abzuhören. Außerdem liegt auch das Signal auf, das aus

dem Sendeprozessor kommt und an den Funkmast gesendet wird, damit der Moderator dieses abhören kann. Bei dem Sendeprozessor handelt es sich um einen Optimod des Herstellers Orban. Die SDU befindet sich bei 99drei Radio Mittweida im Sendeweg vor dem Optimod.

In beiden Studios ist an die Bedienoberfläche ein TFT-Display des Typs *52-4018* von *DHD audio* angeschlossen. Über dieses kann die Studioumschaltung durchgeführt werden. Ebenso können Quellen für Kanäle im Mischpult umgestellt und der Sendepiegel überwacht werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Anzeige von logischen Elementen. Das können unter anderem auch Fehler- bzw. Statusmeldungen sein, die sich auf logische Quellen wie beispielsweise den Status eines GPI/O Ports beziehen oder ob ein Kanal an- oder ausgeschaltet ist.

Ein *Level Detect* ist ebenso eine logische Quelle. Befindet sich der überwachte Pegel über einer definierten Schwelle, so ist die Logik erfüllt bzw. *true*. Fällt der Pegel für eine definierte Zeit unter diese Schwelle, so ist die Logik nicht erfüllt bzw. *false*. Ein überwachter Pegel kann jedes Signal auf dem zentralen Audio-Bus des DSP sein. Eine *Level Detect*-Logik kann nun auf einem TFT angezeigt werden. Die Logik soll zur Detektion von Stille jedoch erfüllt sein, weshalb sie zunächst invertiert werden muss. Die Möglichkeit, eine Logik zu invertieren, bietet das System von *DHD audio* ebenfalls mithilfe sogenannter Logikfunktionen. Logikfunktionen können auch dazu genutzt werden, mehrere logische Quellen mit „UND“ bzw. „ODER“ –Verknüpfungen von einander in Abhängigkeit zu setzen. Die Logikfunktion dient wiederum als Logikquelle.

Es wurden zwei *Level Detects* zur Statusindikation im DSP-Core des ZGR angelegt. Der eine *Level Detect* überwacht den Ausgang des Sendewegs des ZGR. Der andere überwacht den Eingang der UKW-Rückleitung, die am ZGR ankommt. Durch Invertierung innerhalb jeweils einer Logikfunktion wurden die *Level Detects* zur Detektion von Stille umfunktioniert. Auf den TFT-Monitoren in den Studios wurden Anzeigeelemente erstellt, die den Status dieser Logiken anzeigen. Sofern der Sendeweg ausfällt, zeigt das zugehörige Anzeigeelement „STILLE SDW“ an. Da mit einer zeitlichen Verzögerung dann auch der Funkmast kein Signal mehr verbreitet, wird nach dieser Verzögerung auch „STILLE UKW“ angezeigt. Sobald wieder Signal verbreitet wird, erlöschen diese Anzeigen. Da 99drei Radio Mittweida des Öfteren Probleme mit Ausfällen der Leitung zum UKW-Funkmast hat, ist die separate Anzeige eines Ausfalls der UKW-Verbreitung sinnvoll. Diese Lösung über das Sendepult und die Kreuzschiene bringt einige Vorteile: Es entstehen keine Mehrkosten für zusätzliche Hardware, da diese Geräte ohnehin bereits in der Sendekette vorhanden sind.

Es lässt sich generell auch zusätzlich jede andere SDU, die über eine GPI/O Schnittstelle verfügt mit der entsprechenden Gegenstelle des Sendepults verbinden und sich so

ebenfalls als Logikquelle nutzen. In beiden Fällen bietet die Verzahnung des Sendepults mit der SDU oder die Nutzung des Sendepults als SDU erweiterte Möglichkeiten mit Havariefällen zu verfahren. So kann das Sendepult nicht nur Warnungen in den Studios anzeigen. Jede Havarie kann auch protokolliert und sekundengenau nachvollzogen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Sendepult automatisiert Havarie-Maßnahmen einleiten zu lassen. Es kann beispielsweise einen Havarie-Zuspieler starten. Auch ist denkbar, dass eine automatische Umschaltung des Sendestudios stattfindet. Eine weitere Möglichkeit ist auch, dass das Sendepult versucht, den aktuellen Zuspeler erneut auszulösen, da viele Zuspeler mit dem Sendepult verknüpft sind.

Jedoch ist bei der Lösung mittels Sendepult oder Kreuzschiene als SDU oder einer starken Verzahnung dieser mit einer SDU zu bedenken, dass das Sendepult und auch die Kreuzschiene meist nicht das letzte Glied innerhalb der Sendekette darstellen. Sollte ein Gerät ausfallen, welches sich in der Sendekette hinter dem Sendepult befindet, so bestehen wenig Chancen, dass die Aktivierung von Havarie-Maßnahmen im Sendepult Erfolg hat oder das Sendepult diesen Ausfall messen kann. Ebenso besteht bei einem Ausfall dieses teilweise sehr komplexen Sendepults keinerlei Möglichkeit, einen Havarie-Zuspieler auszulösen. Zudem ist auch zu bedenken, dass nicht jedes Mischpult bzw. jede Kreuzschiene die hier dargestellten Funktionen bietet.

### 3.5.2 Lösung im Sendeprozessor

Eine weitere Möglichkeit besteht im Sendeprozessor. Der Sendeprozessor befindet sich am Ende der Sendekette. Seine Aufgabe definiert Andreas Friecke im Allgemeinen so:

„Unter dem so genannten "Processing" versteht man die klangliche Bearbeitung der Sprecher- und Musiksignale. Mit Hilfe des Processings soll sichergestellt werden, dass der Radiosender bei allen Gelegenheiten gut zu hören ist und einen typischen Klangcharakter bekommt.“<sup>65</sup>

Für diese Aufgaben kommen in heutigen Radiostationen in der Regel Geräte der Firma Jünger oder Geräte aus der Produktlinie Optimod des Herstellers Orban zum Einsatz. Für diese Arbeit wurden die Optimod-Prozessoren genauer betrachtet. Alle derzeit

---

<sup>65</sup> Vgl. Friecke, Andreas (2014), S. 824



erhältlichen Optimod-Prozessoren erhalten das von Orban so genannte Feature Silence Sense und sind bezüglich der Funktionalität dieser Funktion vergleichbar.<sup>66</sup>

Jeder Optimod verfügt über zwei Eingänge: einen analogen Eingang sowie einen digitalen AES3-Eingang. Die Funktion Silence Sense setzt an dieser Stelle an. Jeder Eingang verfügt laut Handbuch über eine Mess-Schaltung zur Detektion von Stille. Der Nutzer kann hier nun eine Schwelle, sowie eine Umschaltverzögerung, einstellen. Diese Parameter gelten für den analogen wie auch den digitalen Eingang gleichermaßen. Eine separate Definition der Schwelle oder Verzögerung sind nicht möglich. Nun müssen lediglich der Haupt- sowie der Reserve-Eingang definiert werden. Sofern der Haupt-Eingang ausfällt, wird auf Reserve umgeschaltet. Liegt auf dem Reserve-Eingang ebenfalls kein Signal an, findet keine Umschaltung statt. Der Status der Umschaltung kann auch hier über einen Steuerausgang abgegriffen und so zum Beispiel ein Havarie-Zuspieler gestartet werden.

Diese Lösung bietet den Vorteil, dass sie kosteneffizient ist: Es muss keine separate SDU gekauft werden und die Sendeprozessoren genießen den Ruf, überaus störungsfrei zu laufen. Es gilt jedoch zu bedenken, dass der Optimod ein rein aktives Gerät ist und über keine passive Signalführung verfügt. Bei einem Ausfall dieses Geräts ist also sowohl der eigentliche Sendeweg als auch ein eventuelles Havarie-Programm nicht mehr möglich.

---

<sup>66</sup> Orban (Hrsg.): Optimod-FM 5500, 5700, 8600MPX and 8600S Comparison.  
<http://www.orban.com/orban/products/brochures/Optimod%205500,%205700,%208500S,%208600,%208600S%20compared.pdf> (Zugriff am 23.12.2016)

## 4 Anforderungen an SDU

Im vorherigen Kapitel wurden vorrangig mögliche Arten von SDU erörtert, sowie deren Funktionsweise. Auch die Notwendigkeit einer SDU wurde erläutert. Die Anforderungen an SDU wurden jedoch nur am Rande angeschnitten. Dieses Kapitel soll nun einen klareren Überblick über die Anforderungen geben, die sich an SDU stellen. Diese Anforderungen sollen anhand einer Analyse der gesammelten Daten definiert werden.

Aus der Erörterungen in Abschnitt 3.1 „Notwendigkeit von SDU“ lässt sich zunächst schließen, dass eine Lösung der Detektion zu jeder Zeit stabil und zuverlässig arbeiten sollte. Technische Probleme wie Softwareabstürze oder Ausfälle anderer Natur dürfen nicht auftreten. Ein Neustart des Geräts sollte nur in Ausnahmefällen notwendig sein, ein Austausch ebenso. Andernfalls oder ohnehin sind regelmäßige Tests der SDU erforderlich, da das Gerät im Havariefall unter Umständen sonst nicht korrekt arbeitet bzw. ein korrektes Arbeiten nicht garantiert werden kann.

Eine weitere wichtige Anforderung an eine SDU ist die präzise Konfigurierbarkeit und Funktion der Systemparameter. Es muss zunächst die Schwelle, ab der Stille detektiert wird, einstellbar sein. Diesem Parameter fällt eine besondere Bedeutung zu, da – wie in Abschnitt 2 „Technische Grundlagen“ festgestellt – eine absolute Stille im Bereich der Rundfunktechnik nicht möglich ist. Somit muss dem Gerät die Differenzierung zwischen Nutzsignal und Störgeräuschpegel beigebracht werden. Bei einem niedrigen Störgeräuschpegel kann die Schwelle entsprechend weit unten angesetzt werden. So können Fehler bei der Detektion effektiver vermieden werden. Es ist ratsam, die Schwelle in einem guten Mittelmaß zwischen Störgeräuschpegel und Minimalpegel einzustellen. Eine Alternative wäre eine automatische Erkennung von Rauschen, welches in Abschnitt 2.1 „Rauschen“ und Abschnitt 2.2 „Störgeräusche“ genauer betrachtet wird. Sofern die SDU erkennt, dass breitbandiges Rauschen auf dem Eingang überwiegt und kein Nutzsignal mehr anliegt, wird unabhängig vom Eingangspegel nach der definierten Zeit umgeschaltet bzw. ein Alarm ausgelöst. Dieses Verfahren würde die Nutzung eines Schwellwertes unnötig machen. Da in einigen Gliedern der Signalkette, gerade am UKW-Funkmast und auch an UKW-Empfängern, Verstärker zum Einsatz kommen können, die bei Stille aus dem Funkhaus unter Umständen den Störgeräuschpegel verstärken und dem ein zusätzliches digitales Rauschen hinzufügen, kann das gewöhnliche SDU durchaus täuschen. Bei einer Erkennung von Rauschen hingegen würde ein Fehlverhalten erkannt werden.

Ebenso muss die Zeit definierbar sein, für die das Signal die Schwelle unterschreiten muss, damit eine Umschaltung erfolgt. Ein weiterhin wichtiger Parameter, vor allem für SDU mit integriertem Umschalter, ist eine einstellbare Rückschaltzeit- bzw. Schwelle. Damit ist die Zeit gemeint, in der die SDU wieder ein stabiles Signal oberhalb eines

definierten Pegels detektiert und daraufhin auf die Primärquelle zurückgreift. Kurzfristige Knack-, Brumm- oder sonstige Störgeräusche müssen nicht bedeuten, dass das Signal tatsächlich wieder fehlerfrei anliegt. Ebenfalls ist die Definition einer zweiten, etwas höheren Schwelle für die Rückschaltung, wie in der analogen SDU nach Paul Blitz in Abschnitt 3.3 „Analoge SDU“ unter Umständen aus eben genannten Gründen, sinnvoll.

Diese definierten Parameter (Umschaltzeit, Umschaltschwelle und Rückschaltzeit) müssen nicht nur präzise definierbar sein. Das System muss auch diese definierten Werte behalten. Durch Systemausfälle oder einen Neustart des Systems dürfen sich die Parameter nicht zurücksetzen. Zusätzlich müssen sie unbedingt schwankungsfrei sein. Schwankungen der Parameter können sich beispielsweise durch thermische Veränderungen ergeben, die unter anderem die Leitfähigkeit von Halbleiter-Bauteilen beeinflussen.<sup>67</sup> Solche Schwankungen würden ein undefiniertes Verhalten ergeben, auch wenn dieser Fall durch den Einfluss von rein thermischen Schwankungen wenig wahrscheinlich ist.

Die SDU muss gute Möglichkeiten hinsichtlich Interoperabilität mit anderen Geräten bieten, beispielsweise durch GPI/O-Pins. GPI/O steht für „General Purpose Input/Output“ und lässt sich mit vielen Geräten aus dem Bereich der professionellen Rundfunktechnik verbinden. Es handelt sich hierbei um logische Ein- und Ausgänge, die durch das Schalten einer Spannung einen Zustand annehmen. Beispielsweise kann ein Havarie-Zuspieler durch eine GPI/O Verbindung aktiviert werden. Weitere Schnittstellen für Logikaustausch, beispielsweise auch netzwerkbasierend, wären wünschenswert, ebenso wie mehr Aktionsmöglichkeiten direkt mit der SDU, sollte es zu einer Havarie kommen. Ein Versand von E-Mails an Schlüsselpersonen, sowie eine Protokollierung von Sendeausfällen, sind erstrebenswerte Funktionen.

Sofern die SDU eine integrierte Umschaltfunktion beinhaltet und als festes Element im Sendeweg betrieben wird, ergeben sich weitere Anforderungen:

Die SDU muss erkennen, ob der Hilfs-Eingang (AUX-Eingang) zum Zeitpunkt des Sendeausfalls auf dem Sendeweg funktioniert und sich dahingehend eine Umschaltung lohnt. Wenn auf dem Hilfs-Eingang ebenfalls kein Signal anliegt, ist eine Umschaltung nur mäßig sinnvoll und stellt eher ein Risiko dar, als dass ein tatsächlicher Nutzen erbracht wird. Für die Detektion auf dem AUX-Eingang sollten, da es sich um ein anderes Zuspeler-System handeln kann, abweichende Parameter als für den Haupteingang

---

<sup>67</sup> Vgl. Böge, Wolfgang (Hrsg.)/Plaßmann, Wilfried (Hrsg.) (2007), S. 319

definiert werden können. Ebenso sollte, sofern das Signal auf dem AUX-Weg im Havariefall nach einer bestimmten Zeit auch ausfällt, die SDU wieder zurück auf den Haupteingang schalten, um Verzögerungen bei Rückkehr des eigentlichen Sendesignals vorzubeugen.

Ebenfalls muss der unterbrechungsfreie Signalfloss auf dem Sendeweg auch bei einem Ausfall der Stromversorgung des Geräts oder einem Defekt der SDU garantiert werden. Hierzu kommt meist eine sogenannte passive Signalführung zum Einsatz. Das kann eine Leitung sein, die das eingehende Signal direkt auf den Ausgang des Geräts weitergibt und nur bei einem Sendeausfall auf dem Sendeweg das Signal auf den AUX-Weg schält. Bei beispielsweise einem Stromausfall oder einem Defekt des DSP kann das Signal so weiter durch das Gerät fließen. Lediglich die Auswertung und Umschaltung funktionieren nicht mehr. Die Geräte von Sonifex haben eine solche Schaltung, wie in Abschnitt 3.3 „Analoge SDU“ sowie Abschnitt 3.4 „Digitale SDU“ ersichtlich wird. Hierbei spricht man auch von einer Bypass-Schaltung, was in etwa mit der Begrifflichkeit einer „Umgehungs-Schaltung“ übersetzt werden kann.

Für Überwachungsaufgaben von Zuleitungen wie Satellitenverbindungen oder anderen Leitungen und der automatischen Umschaltung auf eine Reserveleitung im Havariefall ergibt sich noch eine zusätzliche Anforderung. Da sich häufig die überwachte Quelle ändert und das Gerät neu eingestellt werden muss, ist eine einfache und schnell bedienbare Benutzeroberfläche zwingend erforderlich.

Für die Überwachung der Rückleitung bzw. der Verbreitungswege (siehe hierzu Abschnitt 3.2 „Position im Sendeweg“) variieren die Anforderungen ebenfalls. An dieser Stelle kann und muss keine Umschaltung getätigt werden. Aufgrund der Vielfalt an Verbreitungswegen sollte die SDU hierbei jedoch unkompliziert einzurichten und weniger platz- und hardwareintensiv sein. Eine Sonderstellung bekommt hierbei der Webradio-Stream. Bei diesem ist eine zuverlässige Überwachung über eine konventionelle SDU nur umständlich möglich, da der Stream auf einem Computer empfangen werden und über ein Interface gewandelt werden muss, bevor das Signal erst dann in eine SDU gelangen kann. Eine potentielle Abhilfe hierfür findet sich in Kapitel 7 „Cloudbasierte SDU“.

## 5 Situation in der Praxis

Je nach Sender ist die Art, wie mit Havarie umgegangen wird, verschieden. Hierbei wurden die befragten Sender, nach ihrer Größe sortiert und in drei Gruppen unterteilt. Es sollen zunächst die jeweiligen Lösungen dargelegt werden und anschließend eine Analyse der jeweiligen Lösung erfolgen. Da sich die beispielhaft betrachteten Sender sehr stark in ihrer Größe unterscheiden, ist ein nur ein indirekter Vergleich möglich.

### **Webradio-Sender**

Die meisten der heutigen reinen Webradio-Sender wickeln ihr Programm nicht mehr selbst ab. Diese Aufgabe wird häufig an externe Rechenzentren und Cloud-Dienstleister ausgelagert. Einen solchen Dienst nennt man „Stream Deliverance Service“. Diese Dienstleister stellen den eigentlichen Encoder und Stream zur Verfügung, sind also grob vereinfacht in Analogie zu einem UKW-Funkmast zu betrachten. Diese Dienste haben den Vorteil, sehr ausfallsicher zu sein und auch mit plötzlichen Zugriffsspitzen zurecht zu kommen. Anbieter eines solchen Diensts sind beispielsweise *3qsdn* oder „Streamplus.de“. Ebenfalls bieten viele dieser Anbieter an, die gesamte Sendeabwicklung zu übernehmen. So muss sich der eigentliche Betreiber des Webradio-Senders zwar noch um die Planung und Bereitstellung der Inhalte kümmern, jedoch nicht mehr um das Streaming. Ebenfalls wird kein eigener Server mehr benötigt, der rund um die Uhr angeschaltet und online ist.

Auf eine derartige Lösung setzt auch „Kochblogradio.de“. Der Sender bedient ein Nischenpublikum, verfügt jedoch über eine feste und wachsende Stammhörerschaft. Bei Kochblogradio.de sind keine Vollzeitmitarbeiter tätig.

Dr. Tim Faber, der Betreiber von Kochblogradio.de, sieht die Zukunft des Webradios immer mehr in der Cloud. Es wird die gesamte Sendeabwicklung des Senders außer Haus durchgeführt. Eine schematische Darstellung findet sich hierzu in Anhang 6. Der zentrale Ausspielcomputer, der normalerweise den Kern eines modernen Radiostudios bildet und für die Planung und Bereitstellung der Inhalte genutzt wird, befindet sich bei diesem Sender vollkommen außer Haus ausgelagert innerhalb einer Cloud. Er steuert sowohl die Wiedergabe der geplanten Musik, als auch die geplanten Wortbeiträge und andere Sendeelemente. Das so erzeugte Programm sendet er weiter als Audio-Stream an einen Stream Deliverance Service. Dieser stellt das Programm dann letztendlich dem Hörer zur Verfügung. Sofern eine Livesendung stattfindet, verbindet sich das physisch beim Betreiber vorhandene Studio über das Internet mit dem Ausspielcomputer. Dieser pausiert dann seine Wiedergabe und liefert anstatt seines eigenen Programms das

Programm des Studios an den Stream Deliverance Service. Weiterführende Definitionen zur Cloud finden sich in Abschnitt 7.1 „Definitionen zu Cloud Computing“.<sup>68</sup>

Eine physische SDU ist in diesem Aufbau der Sendeabwicklung also nur begrenzt möglich und wenig sinnvoll. Um dennoch einem Ausfall vorzubeugen, wurden entsprechende Sicherungsmaßnahmen getroffen. Sofern der Ausspielcomputer keinen Stream mehr an den Stream Deliverance Service zur Weiterverbreitung sendet, wird beim Stream Deliverance Service eine Notfallplaylist gestartet. Diese Notfallplaylist wird jedoch nur gestartet, wenn ein kompletter Abriss des Streams bemerkt wird. Der Inhalt des Streams wird nicht ausgewertet. Wird also Stille gesendet, wird die Notfallplaylist nicht gestartet. Um dem vorzubeugen, verfügt der Ausspielcomputer an sich bereits über eine Reihe an Selbstreparaturfunktionen. Bei Problemen wird ein automatischer Neustart ausgelöst und das Programm an der Stelle fortgesetzt, an der es beendet wurde. Ebenfalls plant der Ausspielcomputer eigenständig neue Musik falls eine Fehlplanung von beispielsweise zu wenig Musik innerhalb einer Stunde vorliegen sollte. Eine Auswertung des eigentlichen Signalpegels des Senders erfolgt jedoch an keiner Stelle.

### **Regionale Sender, freie Sender und Hochschulradios**

In Abschnitt 3.5 „Möglichkeiten im Sendepult“ wurde bereits auf Teile der Lösung bei 99drei Radio Mittweida eingegangen. Die grundsätzliche Lösung wurde jedoch noch nicht erörtert. Bei 99drei Radio Mittweida sind beide Studios, wie bereits beschrieben, mit einer zentralen Kreuzschiene verbunden. Der Sendeweg führt von der Kreuzschiene zunächst in eine Sonifex RB-DSD1, erst danach durchläuft das Signal das Processing in einem Orban Optimod und wird an den Funkmast gesendet.

Die GPI/O Schnittstelle der Sonifex RB-DSD1 ist mit einer SPS-Einheit, einer zentralen Logiksteuerung, verbunden. Diese löst dann wiederum den Havarie-Zuspieler aus und zeigt auf den Studio- und Redaktions-InformationsdDisplays die Meldung „SENDEAUSFALL“. Durch die Ergänzungen des Autors ist nun auch in den Displays der Sendepulte im Studio eine zuverlässige Indikation von Stille auf dem Sendeweg und auf dem UKW-Empfänger vorhanden. Das dient derzeit jedoch nur der reinen Indikation sowie der Protokollierung und löst keine weiteren Maßnahmen aus.

Die gesamte Lösung an sich birgt einige Probleme, auf die sowohl die in den vorherigen Kapiteln durchgeführten Analysen schließen lassen, als auch die Erfahrungen des

---

<sup>68</sup> Persönliches Gespräch mit Dr. Tim Faber am 6.12.2016.

Senders gezeigt haben. Ein strittiger Punkt ist die Position der SDU und Umschaltung vor dem Processing. Contra-Argument ist, dass bei einem Ausfall des Processing die SDU keine Stille detektieren kann und folglich der Havarie-Zuspieler keinen Effekt hat. Pro-Argument ist, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Processing ausfällt, wesentlich geringer ist, als ein Fehler in den Studios, der das Öfteren durch menschliches Versagen ausgelöst wird. Das sind bei 99drei Radio Mittweida in der Regel Fehlplanungen im Sendeautomationssystem wie z.B. fehlende Musik am Ende einer Stunde. Da im Havariefall so das Processing durchlaufen wird, wird der charakteristische Klang des Senders auch für den Havarie-Zuspieler beibehalten und der UKW-Funkmast weiterhin mit idealen Signalparametern versorgt, um die Reichweite aufrecht zu erhalten.

Ein großes Problem dieser Lösung ist die Kopplung an die SPS-Einheit. Da nur die SPS-Einheit den Havarie-Zuspieler auslösen kann, muss sie ebenso zuverlässig funktionieren wie die SDU. Die SPS-Einheit ist jedoch fehlerbehaftet und hat so bereits das Öfteren einen Sendeausfall verursacht, da sie zum Zeitpunkt des Sendeausfalls im Studio nicht korrekt gearbeitet hat oder komplett abgestürzt war und der Havarie-Zuspieler nicht gestartet wurde. Eine mögliche Abhilfe stellt hierbei eine direkte Verbindung der SDU mit dem Havarie-Zuspieler dar.

Ein weiterer Sender, der sich dieser Kategorie zuordnen lässt, ist Radio Jade mit Sitz in Wilhelmshaven. Radio Jade ist ein nichtkommerzielles Bürgerradio. Bei Radio Jade wird auf eine sehr ähnliche Lösung zurückgegriffen, wie bei 99drei Radio Mittweida. Auch hier kommt eine Sonifex RB-DSD1 als SDU zum Einsatz. Die SDU befindet sich in der Sendekette wie ebenfalls bei 99drei Radio Mittweida vor dem Processing, nach dem Processing befindet sich nur noch der Sendeübergabepunkt. Bei Radio Jade ist die SDU direkt mit dem Havarie-Zuspieler verkoppelt und löst diesen – ohne den Umweg über ein SPS-System – aus. Eine Signalisierung in irgendeiner Form, dass derzeit der Havarie-Zuspieler aktiv ist, existiert nicht.<sup>69</sup>

### **Überregionale Sender und Sendeverbände**

Dietmar Jenß ist Geschäftsführer der Firma Perfect Broadcast, zu deren Kunden unter anderem auch die Firmen Regiocast, BCS (Broadcast Sachsen) und Radio NRW gehören. Die Regiocast, die BCS sowie Radio NRW sind deutsche Gesellschaften, die nahezu deutschlandweit Radiosender betreiben. Dietmar Jenß hat im persönlichen Gespräch mit dem Autor einige Lösungsansätze seiner Kunden erörtert.

---

<sup>69</sup> Persönliches Gespräch mit André Glatzel am 26.11.2016.

Bei nahezu allen seiner Kunden wird, ebenso wie bei den kleineren Sendern, zunächst auf eine SDU am Ende der Sendekette gesetzt. Als SDU kommen in der Regel Geräte von Sonifex oder Broadcast Tools zum Einsatz. Exemplarisch sei hier das Konzept der Regiocast genannt: Es wird eine SDU von Broadcast Tools mit einem Havarie-Zuspieler verkoppelt. Dieser Zuspieler ist ein Computer. Das steht im Gegensatz zu der gängigen Praxis, auf Not-CD-Player oder andere statische Wiedergabelösungen zu setzen. Die Computer lösen aus, wenn Stille detektiert wird und die SDU auf diese umschaltet. Es wird das eigentliche Programm, das in der Sendeautomation geplant ist, weiterhin wiedergegeben, lediglich regional angepasste Werbung ist nicht mehr möglich. Ein Problem dieser Lösung ist, dass die Computer unter Umständen nicht so zuverlässig funktionieren, wie ein statischer Havarie-Zuspieler.<sup>70</sup>

Bei kleineren Programmen dieser Gruppen kann auch eine integrierte Lösung zum Einsatz kommen. Hier wird beispielsweise oft auf das Sendeautomationspult in ähnlicher Art und Weise wie in Abschnitt „3.5 Integrierte Lösungen“ beschrieben zurückgegriffen. Ebenfalls kommt oft auch der Optimod als SDU zum Einsatz. Dieser bietet die Möglichkeit, bei Stille mit einer entsprechend einstellbaren Verzögerung auf einen nicht genutzten Eingang umzuschalten (siehe auch Abschnitt 3.5 „Integrierte Lösungen“).<sup>71</sup>

Ein weiterer Aspekt, den Dietmar Jenß hervorhob, ist Leitungssicherung. Wie bereits in Abschnitt 3.1 „Notwendigkeit von SDU“ beschrieben, kann auch die Zuleitung zum UKW- oder DAB+-Funkmast ausfallen. So ist es nicht unüblich, dass die Zuleitung mehrfach existiert und am Funkmast automatisch zwischen Hauptleitung und Reserveleitung umgeschaltet wird, sofern Stille auf der Hauptleitung auftritt. Ist die Reserveleitung ebenfalls gestört, so verbindet sich der Funkmast via Internet mit einem dedizierten Webradio-Stream des Senders. Diese Lösungen werden meist in Zusammenarbeit mit dem Netzbetreiber Media Broadcast realisiert, sind jedoch kostenintensiver als eine einzelne Leitung zu einem Funkmast.<sup>72</sup>

Webradio-Streams werden bei den hier betrachteten Unternehmen relativ schwach überwacht. Hierbei kommt lediglich in einigen wenigen Fällen der DABiS800 Playout Monitor der Schweizer Firma Sohadr zum Einsatz. Mehr dazu findet sich in Abschnitt 3.4 „Digitale SDU“.

---

<sup>70</sup> Persönliches Gespräch mit Dietmar Jenß am 15.12.2016

<sup>71</sup> Persönliches Gespräch mit Dietmar Jenß am 15.12.2016

<sup>72</sup> Persönliches Gespräch mit Dietmar Jenß am 15.12.2016



---

Der Aufbau größerer Sender und Gruppen ist wesentlich vielschichtiger und komplexer als bei entsprechend kleineren Sendern. Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass hier versucht wird, Stille auf dem Sendeweg vor allem durch Prävention und Redundanz zu vermeiden.

## 6 Probleme, Kosten und Nutzen

Bei den vorhergehenden Analysen und Beschreibungen wurden bereits einige Problematiken an vorhandenen Lösungen aufgeworfen. Ziel ist es nun, diese Probleme zu erfassen und anschließend die verfügbaren Geräte und die Preisbereiche dieser zu sammeln. Schließlich soll die Funktionalität der Geräte gegen die Problemstellungen abgewogen werden und der prinzipielle Nutzen dem gegenübergestellt werden.

### Probleme

Ein Grundproblem, welches sich zunächst aufführen lässt, sind die relativ begrenzten Möglichkeiten, die SDU an sich bieten. So können SDU in der Regel eine Leitung bei Stille umschalten auf einen Havarie-Zuspieler sowie ein Status-Signal via GPO ausgeben. Für alle weiteren Aktionen, die man auslösen möchte, benötigt man dann zusätzliche Hardware. Weitere Aktionen können eine Signalisierung im Studio oder der Versand einer E-Mail sein. Ein Havarie-Zuspieler muss ebenfalls zusätzlich angeschafft und betrieben werden.

Da auch Rückleitungen überwacht werden müssen, genauso wie weitere Ausspielwege und eventuell auch Zuspielwege, werden oftmals mehr als eine SDU benötigt. Da SDU aus vorher genannten Gründen meist auch noch externe Hardware, wie beispielsweise Havarie-Zuspieler benötigen, wird die Überwachung aller dieser Wege sehr schnell relativ kosten- und platzintensiv. Bei kleineren Sendern ist sowohl das nötige Budget, als auch der Platz, nicht immer vorhanden.

Weiterhin sind die SDU oft schwer auf ihre Funktion hin zu überprüfen, denn die Wartung und Überprüfung an einem Gerät, das sich permanent aktiv im Sendeweg befindet und seinen Dienst tun soll, lässt sich nicht ohne größeren Aufwand oder Unterbrechung des Sendewegs testen. Eine Art Selbsttest-Funktion bietet keins der in dieser Arbeit betrachteten Geräte. Dass ein Defekt des Geräts vorliegt, fällt meist erst bei einem Sendeausfall auf.

Bei einem Ausfall des Geräts kann, wie in den vorherigen Abschnitten bereits beschrieben, auch der Signalfluss innerhalb des Sendewegs betroffen sein, sofern keine passive Signalführung innerhalb des Geräts existiert. So kann der Sendeweg ganz unterbrochen werden, falls die Stromzufuhr des Geräts ausfällt.

Oftmals bieten die betrachteten SDU auch nicht die nötige Konfigurierbarkeit der Parameter, wie im Folgenden, bezogen auf die einzelnen Produkte, noch näher erörtert wird.

## Geräte auf dem Markt und deren Kosten

In dieser Arbeit wurden die gängigsten Modelle der Hersteller betrachtet. Hierbei findet sich eine kurze Analyse der Geräte jeden Herstellers gemäß ihrem Preis und ihren Kosten am Markt.

Ein Gerät am Markt ist der „WBS POD 25“. Das Gerät bietet keine Umschaltung auf einen Havarie-Zuspieler und nur rein analoge Audio-Eingänge sowie entsprechende GPOs zur Statusanzeige. Eine visuelle Indikation durch LED-Indikatoren an der Frontseite des Geräts ist vorhanden. Eine Besonderheit ist ein hörbarer Alarm bei Stille. Das Gerät bietet lediglich die Einstellung der Ansprechzeit global für beide Kanäle zwischen einer und 45 Sekunden. Ebenso muss pro Kanal die Schwelle zwischen -20 dBu und -50 dBu eingestellt werden. Die Detektion erfolgt pro Kanal. Die Einstellung aller Parameter erfolgt über relativ kleine Potentiometer.<sup>73</sup>

Der WBS POD 25 bietet für einen relativ hohen Preis nicht alle benötigten Parameter. Die Einstellung der Rückschaltzeit ist nicht möglich. Das Verhalten wird dahingehend durch das Handbuch nicht aufgeschlüsselt. Ein passiver Signalweg ist für dieses Gerät nicht relevant, da es lediglich Eingänge, jedoch keine Ausgänge bietet. Das Gerät kann also nicht direkt im Sendeweg betrieben werden. Der Sendeweg muss aufgetrennt werden, um das Gerät zu bespielen.

Die prominentesten Geräte in diesem Segment bietet der Hersteller Sonifex innerhalb seiner Red Box Produktlinie. Für diese Arbeit wurden die Geräte RB-SD1 sowie RB-DSD1 genauer betrachtet.

Die Sonifex RB-SD1 wurde bezüglich ihrer Funktionalität in Abschnitt 3.3 Analoge SDU bereits aufgeschlüsselt. Es bleibt festzuhalten, dass dieses Gerät auch eine Umschaltung auf einen, ebenfalls überwachten, AUX-Weg ermöglicht. Der Betriebsmodus sowie alle benötigten Parameter sind einstellbar. Ebenso ist eine passive Signalführung für den Fall eines Defekts vorhanden. Eine Rückschaltzeit kann auch hier nicht definiert werden, dafür ist die Umschaltzeit definierbar zwischen zwei und 30 Sekunden, wobei sich diese noch auf zwei Minuten und fünf Sekunden erweitern lässt. Ebenso bietet das Gerät entsprechende GPOs zur Statusindikation sowie eine

---

<sup>73</sup> Vgl. Ward-Beck System (Hrsg.): [POD25] Dual Channel Analog Audio Silence Detector. <http://ward-beck.com/all/browse-by-product-function/silence-detectors/dual-channel-audio-silence-detector.html> (Zugriff am 3.12.2016)

erweiterte Programmierbarkeit für fachkundige Benutzer nach einer individuellen Beratung durch Sonifex.<sup>74</sup>

Die digitale SDU Sonifex RB-DSD1 bietet über die Einstellungsmöglichkeiten der analogen RB-SD1 hinaus noch die Möglichkeit, das Gerät über die serielle Schnittstelle erweitert zu konfigurieren, sowie eine Vielzahl an Ein- und Ausgangstypen, wie in 3.4 Digitale SDU bereits aufgeschlüsselt wurde. Die Geräte von Sonifex stellen alles in allem eine solide Gesamtlösung dar. Die RB-SD1 bewegt preislich betrachtet sich im mittleren dreistelligen Bereich.<sup>75</sup>

Der „AES Switcher Sentinel® 4“ der US-Amerikanischen Firma Broadcast Tools sticht leicht aus der Masse hervor. Das Gerät ist besonders klein und verfügt lediglich über Klemmen, jedoch über keine Stecker. Die Konfiguration ist über ein Web-Interface möglich, ebenso die Fernsteuerung des Geräts. Es verfügt über vier Eingänge und zwei Ausgänge, lässt also die Überwachung und Umschaltung zweier Signalwege zu. Ebenso ist das Gerät durch die Web-Anbindung in der Lage, E-Mails im Fall eines Alarms zu versenden. Das Gerät verfügt jedoch über keine GPI/O Stecker, daher ist die Anbindung eines Havarie-Zuspielers nicht möglich. Ebenso ist lediglich die Einstellung einer Umschaltverzögerung möglich. Eine Schwelle kann nicht definiert werden. Es ist im Handbuch nicht klar ersichtlich, was mit der Formulierung „no AES activity“ gemeint ist. Da das Gerät über keine normgerechten Stecker verfügt, sondern lediglich Klemmverbinder zum Einsatz kommen, ist ein Austausch immer mit größerem Aufwand verbunden. Ebenso ist im Handbuch keine passive Signalführung ersichtlich.<sup>76</sup>

Die SD-2 von Greissing Engineering bietet ebenfalls eine Umschaltfunktion auf eine alternative Quelle. Die SDU ist sowohl als Ausführung mit analogen, als auch mit digitalen Eingängen und Ausgängen verfügbar. Im Produkthandbuch ist ebenfalls eine passive Signalführung beschrieben, das Signal fließt immer durch den DSP, der die Auswertung durchführt. Das Gerät bietet zwei voneinander unabhängige Kanäle. Ebenfalls sind die Parameter der Ansprechzeit, sowie der Umschaltzeit und des Schwellwerts separat und per Display einstellbar. Die Umschaltzeit bezieht sich auch auf die Rückschaltung. Die Indikation via LED-Anzeigen ist ebenso vorhanden, wie die

---

<sup>74</sup> Vgl. Sonifex (Hrsg.): Senderausfall-Detektor RB-SD1 (Modulationswächter). [http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1\\_id.shtml](http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1_id.shtml) (Zugriff am 16.11.2016)

<sup>75</sup> Vgl. Musikhaus Thomann (Hrsg.): Sonifex Redbox RB-SD1. [https://www.thomann.de/de/sonifex\\_redbox\\_rbsd1.htm](https://www.thomann.de/de/sonifex_redbox_rbsd1.htm) (Zugriff am 03.12.2016)

<sup>76</sup> Vgl. Broadcast Tools (Hrsg.): AES Switcher Sentinel ® 4. <http://broadcasttools.com/product/four-input-aes-audio-switcher/> (Zugriff am 24.12.2016)

Möglichkeit, den Alarmzustand oder die Einheit zu deaktivieren.<sup>77</sup> Das Gerät heißt laut Bernhard Greissing SD-2, da es zwei physisch getrennte SDU beinhaltet: „Das wurde damals auf Wunsch des ORF so konzipiert. Die Idee dahinter war, dass auch die Überwachung überwacht werden kann.“<sup>78</sup>

Die SDU SD-2 von Greissing Engineering bietet eine gute Lösung für eine Sendeanstalt, da die Parameter präzise und intuitiv einstellbar sind, ebenso existieren Anschlussmöglichkeiten via GPI/O. Der Preis bewegt sich nach Aussage auf Anfrage im unteren vierstelligen Bereich. Der Hersteller bietet zudem noch weitere hochwertige SDU-Lösungen an. Nach Aussage von Bernhard Greissing werden alle SDU-Lösungen der Firma schon lange nicht mehr in Serie produziert, sondern nur noch selten und lediglich auf Anfrage hergestellt und verkauft.<sup>79</sup>

## Nutzen

Die Geräte sind alles in allem betrachtet relativ teuer, betrachtet man das reine Maß an Möglichkeiten, die sie bieten. Da diese Geräte jedoch dafür ausgelegt sind, rund um die Uhr zuverlässig zu laufen und dementsprechend meist hochwertig produziert und verarbeitet sind, relativiert sich der Preis schnell. Ebenso ist der verhältnismäßig hohe Preis mit einem relativ kleinen Kundenkreis und dementsprechend geringen Absatz der Geräte zu rechtfertigen.

Da die primäre Aufgabe der Geräte die Vermeidung von Sendeausfällen ist und dies essentiell sowohl für den Ruf des Senders, als auch unter Umständen für die Sendelizenz des Programmanbieters und aus vielfältigen Gründen notwendig, sowie relevant ist (siehe Abschnitt 3.1 „Notwendigkeit von SDU“), sollte einem großen und seriösen Sender der Preis für eine sehr gut funktionierende Havarielösung in keinem Fall zu hoch sein. Für kleinere Sender, wie beispielsweise Webradio-Sender, ergibt sich jedoch nicht immer die Lösung, mit einem dieser Geräte den Sendeweg zu überwachen, da der Sendeweg hier oftmals auch rein von Computertechnik abgewickelt wird und das Budget nicht immer allzu hoch ist.

---

<sup>77</sup> Vgl. Greissing Engineering (Hrsg.): <http://www.greissing.at/produkte.htm> (Zugriff am 03.12.2016)

<sup>78</sup> Mail von Bernhard Greissing vom 6.12.2016

<sup>79</sup> Mail von Bernhard Greissing vom 6.12.2016

## 7 Cloudbasierte SDU

Anhand der vorhergehenden Auseinandersetzung mit den Problematiken der bestehenden SDU soll eine neuartige Lösung erarbeitet werden. Diese soll sich den Anforderungen der aktuellen Zeit anpassen und sowohl für den wachsenden Markt der Webradiosender, als auch für größere und etablierte Radiosender geeignet sein, die ihr Programm ebenfalls über das Internet verbreiten.

Die bisherigen Lösungen einer SDU realisieren hauptsächlich eine Umschaltung und den Start eines Havarie-Zuspielers. Rückleitungen der Verbreitungswege werden jedoch seltener geprüft - und wenn, dann werden hierbei hauptsächlich terrestrische Verbreitungswege überwacht - Webradio-Streams dagegen nur selten. Die in den folgenden Abschnitten erarbeitete Lösung soll eine Überwachung von Webradio-Streams über einen unabhängigen, für den Endkunden einfachen und beliebig skalierbaren Dienst ermöglichen.

Dieser Dienst soll über die zukunftsweisende Technologie des Cloud Computing funktionieren. Die Gründe hierzu werden nachfolgend erörtert. Es werden zunächst einige Informationen über Cloud Computing im generellen erörtert und Anforderungen an diesen Dienst definiert. Basierend auf diesen Anforderungen sollen ein Grundprinzip, sowie ein Prinzipschaltbild dargelegt werden. Anschließend wird die erarbeitete Lösung analysiert und auf ihre Stärken und Schwächen hin bewertet.

### 7.1 Definitionen zu Cloud Computing

Cloud Computing ist einer der zukunftsweisendsten und am schnellsten wachsenden Märkte innerhalb der IT-Branche. Im Jahr 2015 gaben bereits 54% der deutschen Unternehmen an, Cloud Computing zu nutzen.<sup>80</sup>

Für Cloud Computing existiert keine einheitliche Definition. Nach Christian Baun lässt sich jedoch folgende Definition im Allgemeinen sehr gut anwenden:

---

<sup>80</sup> Bitkom (Hrsg.): Nutzung von Cloud Computing in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2015 nach Unternehmensgröße. In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/305563/umfrage/einsatz-von-cloud-computing-in-deutschen-unternehmen-nach-groesse/> (Zugriff am 24.11.2016)

“Unter Ausnutzung virtualisierter Rechen- und Speicherressourcen und moderner Web-Technologien stellt Cloud Computing skalierbare, netzwerkzentrierte, abstrahierte IT-Infrastrukturen, Plattformen und Anwendungen als on-demand Dienste zur Verfügung. Die Abrechnung dieser Dienste erfolgt nutzungsabhängig.”<sup>81</sup>

Es werden Dienstleistungen zur Verfügung gestellt, die je nach Bedarf skalierbar sind und demnach nutzungsabhängig abgerechnet werden können. Diese Dienstleistungen sind virtualisiert, um die Skalierbarkeit realisieren zu können. Virtualisierung ist ein Oberbegriff und anwendbar auf zahlreiche Technologien. Unter anderem seien hier stellvertretend Betriebssystemvirtualisierung und Plattformvirtualisierung genannt.

Bei der Betriebssystemvirtualisierung laufen auf einem Host-Computer bzw. Host-Betriebssystem eine oder mehrere voneinander abgeschottete Systemumgebungen bzw. Laufzeitumgebungen. Alle laufenden Anwendungen nutzen zwar den selben Betriebssystemkern, jedoch sehen sie nur Prozesse, die sich in ihrer virtuellen Umgebung befinden.<sup>82</sup>

Die Plattformvirtualisierung geht einen Schritt weiter: Sie erlaubt die Ausführung beliebiger Betriebssysteme und Anwendungen in virtuellen Maschinen. Der Host ist hierbei teilweise nur noch ein Meta-Betriebssystem und koordiniert lediglich die Verteilung der Hardwareressourcen und Zugriffe. Die virtuellen Maschinen wissen auch in dieser Umgebung nichts voneinander und können sich nicht wechselseitig beeinflussen.<sup>83</sup>

Die Virtualisierung in der Cloud bringt neben einer Skalierbarkeit wesentliche Vorteile. Zwei dieser Vorteile seien hier insbesondere in Bezug auf den zu konzipierenden Cloud-basierten SDU-Dienst genannt: Notfallplanung und Verfügbarkeit. Virtuelle Maschinen können problemfrei zwischen Ressourcen-Pools verschoben werden, was gerade im Falle von Hardware- bzw. Technologie-Upgrades vorteilhaft ist. Aber auch im Fall eines Hardware-Defekts seitens des Betreibers ist die Verfügbarkeit gesichert. hardwarebedingte Ausfälle sowie Wartungsfenster entfallen somit nahezu komplett.<sup>84</sup>

Im Umgang mit Cloud Computing wird zwischen einer Public Cloud sowie einer Private Cloud unterschieden:

---

<sup>81</sup> Baun, Christian et. al. (2011): Cloud Computing, Informatik im Fokus. 2. Auflage, Karlsruhe, S. 4

<sup>82</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 13

<sup>83</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 15

<sup>84</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 11

“Als Public Cloud [...] bezeichnet man alle Cloud-Angebote, bei denen der Anbieter und die potentiellen Benutzer nicht der selben organisatorischen Einheit angehören. [...] Im Kontrast dazu steht die sogenannte Private Cloud [...], bei der Anbieter- und Benutzerseite der selben organisatorischen Einheit angehören.”<sup>85</sup>

Der geplante Dienst richtet sich an Endverbraucher und soll mittels externer Ressourcen realisiert werden. Daher wird weiterhin von einer Public Cloud ausgegangen.

Da nun der Typ des Diensts einer Public Cloud zugeordnet wurde, muss noch eine Abgrenzung der geplanten Aufgaben und Nutzungsart der Cloud stattfinden. Hierzu werden bei Cloud Computing drei Architekturen unterschieden. Diese Architekturen gehen mehr oder minder fließend in einander über und bauen in einer Art Schichtmodell aufeinander auf, weshalb eine vollständige Abgrenzung nicht immer möglich ist.

### **Infrastruicture as a Service (IaaS)**

Die unterste Schicht bildet IaaS. In dieser Schicht werden dem Benutzer „grundlegende Bestandteile zur Bereitstellung der Infrastruktur wie Hardware, Rechenkapazität, Server, Speicherplatz oder Netzwerkbetriebstechnik angeboten“<sup>86</sup>. Die Verwaltung dieser Ressourcen erfolgt über eine Benutzerschnittstelle, die über die Allokation von Ressourcen hinaus auch operative Funktionen, wie beispielsweise den Neustart eines Betriebssystems, ermöglicht. Der prominenteste und führende Anbieter von IaaS ist Amazon Web Services.<sup>87</sup>

### **Platform as a Service (PaaS)**

Auf der Infrastruktur aus IaaS baut die zweite Schicht auf: PaaS. Bei PaaS werden dem Benutzer Entwicklungsumgebungen, sowie Laufzeitumgebungen angeboten. Diese ermöglichen die Entwicklung eigener Software, sowie deren Ausführung unter Nutzung einer bestimmten Programmiersprache. Daher richtet sich dieses Angebot hauptsächlich an Entwickler.<sup>88</sup>

PaaS-Lösungen stellen keinen so großen Zeitaufwand dar, wie IaaS-Lösungen, da sich der Anwender nicht um die Instandhaltung oder Einrichtung der Infrastruktur kümmern muss. Die Skalierung der Kapazität und Rechenleistung von Anwendungen erfolgt

---

<sup>85</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 27 ff.

<sup>86</sup> Szer, Benjamin (2014): Cloud Computing und Wissensmanagement: Bewertung von Wissensmanagementsystemen in der Cloud. Hamburg, S. 56

<sup>87</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 31 f.

<sup>88</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 35



vollautomatisch, der Benutzer hat hierauf keinen Einfluss. Vertreter von PaaS-Diensten sind unter anderem Google App Engine oder Microsoft Azure.<sup>89</sup>

### **Software as a Service (SaaS)**

Die oberste Ebene des Dreischichtmodells der Cloud-Architekturen stellt SaaS dar. SaaS sind Software-Anwendungen in der Cloud, die den Endkunden direkt adressieren. Auf Kundenseite sind die Software-Installation und die Bereitstellung der erforderlichen Ressourcen nicht nötig.<sup>90</sup>

Beispiele sind hierzu Cloud-Basierte Lösungen wie Google Docs oder Microsoft Sharepoint. Die Cloud-Basierte SDU soll im wesentlichen zwei dieser Schichten nutzen: Durch den Betreiber dieses Dienstes soll eine IaaS-Lösung bei einem externen Anbieter, wie beispielsweise Amazon Web Services, zugemietet werden. Auf dieser Infrastruktur wird die benötigte Software betrieben, sodass der Endkunde den Dienst als SaaS-Angebot nutzen kann. Die Softwareentwicklung hierzu kann durch den Betreiber selbst verwaltet und auf der zugemieteten Infrastruktur betrieben werden, sodass eine zusätzliche Anschaffung von PaaS nicht notwendig ist, sondern die Plattform selbst zur Verfügung gestellt und gewartet wird. Eine alternative Möglichkeit besteht darin, auf IaaS zu verzichten und die Applikation direkt via PaaS anzubieten. Das würde allerdings eine starke Abhängigkeit zum jeweiligen PaaS-Anbieter bedeuten, da die angebotenen Plattformen meist proprietär sind.

## **7.2 Anforderungen an einen Cloud-basierten SDU-Dienst**

Der Cloud-basierte SDU-Dienst soll zunächst einmal den Kriterien entsprechen, die auch für physische SDU gelten. Hierbei können die Vorteile der Computertechnik genutzt werden: Zur Auswertung des Inhalts eines Streams kann die Schwelle, ab der Stille detektiert wird, manuell eingestellt werden. Zudem ist eine Erkennung für breitbandiges Rauschen über eine definierbare Zeit denkbar, da bei Auftreten von Rauschen auf dem Sendeweg von Stille, also der eingangs betrachteten Abwesenheit von gewolltem Signal ausgegangen werden kann. Außerdem sollte ein kompletter Abriss des Webradio-

---

<sup>89</sup> Vgl. Szer, Benjamin (2014), S. 57

<sup>90</sup> Vgl. Baun, Christian (2011), S. 37

Streams erkannt werden. Ebenso muss der Dienst die in Abschnitt 4 „Anforderungen an SDU“ definierten Parameter zur Einstellung anbieten.

Der Dienst soll die Vorteile, die sich durch die Nutzung des Cloud Computing ergeben, voll ausnutzen:

- Er soll sowohl für den Nutzer als auch für den Betreiber skalierbar und kurzfristig um ein vielfaches erweiterbar sein, sofern mehr Ressourcen für mehr Kunden benötigt werden.
- Er soll sehr ausfallsicher sein und somit eine hohe Dienstgüte bieten. Dies wird durch den virtualisierungsbedingten Wegfall von Hardware-Wartungsfenstern und Hardware-Ausfällen ermöglicht.
- Er soll Kosteneffizienz durch beliebige Skalierbarkeit nach oben, sowie nach unten vereinen. Ebenso muss kein Rechenzentrum mehr betrieben werden, um den Betrieb zu sichern, wobei somit keine Fixkosten mehr entstehen. Lediglich mit Betriebskosten für die gemietete Cloud-Hardware ist zu rechnen.

Eine weitere Anforderung ist eine einfache, intuitive Bedienbarkeit des Dienstes durch den fachkundigen Anwender. Das hält die Supportlast für den Betreiber gering und steigert die Zufriedenheit der Anwender.

Die grundsätzlichen Anforderungen sind jedoch vor allem Wirtschaftlichkeit und Einzigartigkeit. Der Dienst muss sich wirtschaftlich betrachtet zumindest selbst finanzieren, wenn nicht sogar einen Gewinn erwirtschaften. Um sich selbst zu finanzieren müssen die Einnahmen zumindest die Betriebskosten für die zugemietete Cloud sowie personelle Aufwendungen in Form von Entwicklungs- und Supporttätigkeit abdecken. Alles darüber hinaus kann als Gewinn gewertet werden. Um diese wirtschaftlichen Ziele zu erreichen, muss ein attraktives Kostenmodell existieren, in dem einige Leistungen zu “Premium-Features” werden oder beispielsweise in der Basis-Version nur ein einziger Stream zu bestimmten Uhrzeiten überwacht werden kann.

Damit überhaupt Kunden generiert werden können, muss dieser Dienst einzigartige Leistungen bieten. Leistungen, die angeboten werden sollen, sind im folgenden aufgeschlüsselt. Die meisten der nachfolgenden Leistungen existieren noch bei keiner der Lösungen, die sich aktuell auf dem Markt befinden.

## **Benachrichtigung**

Im Falle einer eingetretenen Havarie sollte der Dienst den Kunden automatisiert benachrichtigen, damit die Störung bzw. der Fehler schnellstmöglich behoben werden kann. Dazu sollen folgende Möglichkeiten geboten werden:

- **Mailing:** Im Falle detektierter Stille sollen automatisiert Alarm-E-Mails an vorher definierte Adressen versandt werden. Sofern wieder ein Signal verbreitet wird, soll ebenfalls die Möglichkeit bestehen, eine „Entwarnungs-E-Mail“ zu versenden.
- **SMS & Telefonbenachrichtigungen:** Der Dienst soll automatisiert SMS an Schlüsselpersonen versenden können oder diese sogar automatisiert anrufen können, um bei dringlichen Fällen Aufmerksamkeit zu bekommen.

### Logging & Statistik

Der Dienst soll ein präzises Logging von eingetretenen Havariefällen durchführen und die statistische Auswertung dieser Daten ermöglichen, um dem Kunden die Analyse möglicher Fehlerquellen zu erleichtern. Ebenso sind monatliche oder wöchentliche, automatisierte Reports über die Systemgesundheit des Kundensystems denkbar.

### Havarie-Zuspieler

Mit entsprechenden Rechten kann der Dienst den Stream umleiten, selbst einen Stream mit vorher vom Kunden definierten Inhalten starten und diesen unter der eigentlichen Stream-URL zur Verfügung stellen.

### Nutzerdefinierte Funktionen

Der Dienst sollte weitere Funktionen bieten die dem Nutzer die Möglichkeit geben, selbst Aktionen zu definieren. Hierzu können folgende Mittel genutzt werden:

- **HTTP-Request:** Der Dienst ruft automatisiert eine URL mit definierten Argumenten auf einem fremden Server auf. Dieser führt damit dann weitere Aktionen durch, die der Kunde uneingeschränkt selbst definieren bzw. programmieren kann.
- **Skripting-Schnittstelle:** Für erfahrene Nutzer kann auch eine Schnittstelle geöffnet werden, mit der diese, in einer vom Betreiber vorgegebenen Programmiersprache und in eingeschränktem Rahmen, den Dienst selbst erweitern können. Das ist allerdings für den Betreiber auch ein Risiko, da dies eine potentielle Fehlerquelle darstellt.
- **Serielle-Aktionen:** Nutzer können eine emulierte Serielle-Verbindung zu ihrem lokalen Netzwerk aufbauen, um Aktionen über eine serielle Schnittstelle an einem lokalen Server oder Computer zu ermöglichen.

Alle hier definierten Aktionen sollen über einen Scheduler geplant werden können, der nach Auslösen des Alarms anspricht, sowie einen weiteren Scheduler, der anspricht, wenn die Stille wieder beendet wurde. Es sollen auch Verzögerungen zwischen den Aktionen definiert werden können. So kann eine zeitliche Staffelung verschiedener Aktionen realisiert werden.

## 7.3 Grundprinzip

Da nun sowohl die theoretischen Grundlagen für SDU, sowie für Cloud Computing definiert sind und auch die Anforderungen an SDU im generellen und an diesen Dienst erarbeitet wurden, lässt sich ein grundsätzliches Funktionsprinzip in Form einiger theoretischer Abläufe formulieren.

### 7.3.1 Nutzerseite

Hierbei sollen zunächst die oberflächlichen Abläufe aufgezeigt werden, die der Nutzer wahrnehmen kann. Auf die technische Realisierung soll dann im nächsten Abschnitt eingegangen werden.

Der Nutzer ruft zunächst die Internetseite des Diensts über seinen Webbrowser auf. Er bekommt generelle Informationen über den Dienst dargestellt. Er wird vor zwei Auswahlmöglichkeiten gestellt: Als bereits vorhandener Nutzer soll er sich einloggen, als neuer Nutzer soll er sich registrieren.

Nachdem dem neuen Nutzer die bei der Registrierung üblichen Fragen zu seinen Personalien gestellt wurden, beginnt der eigentliche Konfigurationsprozess.

Hierbei hat der Nutzer zunächst folgende Angaben zu tätigen:

- 1) **Name des Streams:** Der Nutzer muss einen Namen für den Stream definieren, anhand dessen der Stream innerhalb des Diensts identifiziert werden kann. Ebenfalls kann hieraus eine interne ID für softwareseitige Prozesse generiert werden.
- 2) **URL / IP-Adresse des Streams:** Die Adresse, unter der der Webradio-Stream abgerufen werden soll, muss angegeben werden. Der Dienst erkennt automatisch den Typ und das Format des Streams und hängt diesen ein, sodass eine entsprechende Pegelkette zu sehen ist, die das Funktionieren des Streams anzeigt. Bei einer falschen Adresse oder einem inkompatiblen Stream wird eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben und der Schritt muss wiederholt werden.

- 3) **Schwellwerteinstellung:** Der Nutzer muss den Schwellwert einstellen, ab dem der Dienst Stille detektiert. Das kann beispielsweise durch einen Schieberegler oder ein Dropdown-Menü erfolgen.
- 4) **Anspruchszeit:** Die Zeit, die sich der Pegel des überwachten Streams mindestens unterhalb des definierten Schwellwerts befinden muss, bevor der Alarm ausgelöst wird.
- 5) **Rückschaltzeit:** Die Zeit, die sich der Pegel des überwachten Streams mindestens oberhalb des definierten Schwellwerts befinden muss, bevor der Alarm deaktiviert wird
- 6) **Aktions-Scheduler:** Der Plan zur Verfahrensweise im Fall von Stille, der vom Nutzer erstellt werden kann. Ebenso soll in diesem Schritt auch der Plan definiert werden, was passiert, wenn der Alarmzustand aufgehoben wird.
- 7) **Test:** Der eben definierte Scheduler kann in einer Testauslösung aktiviert werden, um die Funktion des Schedulers zu prüfen.

Dieser Konfigurationsprozess muss immer durchlaufen werden, wenn der Nutzer einen neuen Stream zur Überwachung anlegen möchte, da die Streams in ihren Parametern variieren können.

Sofern man einen oder mehrere Streams in diesem Prozess durchlaufen hat, wird auf einer Übersichtsseite eine Liste mit den überwachten Streams angezeigt. Hier wird in einer tabellarischen Darstellung der Status (Alarm / kein Alarm) angezeigt. Ebenso besteht hier über entsprechende Auswahlfelder eine Editiermöglichkeit der eingangs definierten Parameter, eine Detailansicht des Logfiles sowie die Möglichkeit, den Stream zu löschen und einen neuen Stream anzulegen, woraufhin der obenstehende Konfigurationsprozess ausgelöst werden soll.

### 7.3.2 Technische Realisierung

Da eine detaillierte Ausführung der benötigten technischen Prozesse und Methoden den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde, beschränkt sich der Autor auf die Angabe der grundlegenden technischen Ideen sowie der Mittel, die verwendet werden sollen.

Das gesamte System soll mittels einer Web-Oberfläche interagieren, also rein über das Internet und einen Web-Browser abrufbar und steuerbar sein.

Um dies zu untergliedern, wird die technische Seite zunächst in zwei Kategorien unterteilt: Frontend und Backend.

## Frontend

Der Begriff des Frontend ist im deutschen Sprachgebrauch in Bezug auf Web-Entwicklung auch mit dem Begriff der Benutzeroberfläche zu bezeichnen. Peter Fischer und Peter Hofer liefern hierzu folgende Definition:

„Software-Schicht über dem Kern [...] einer Anwendung; [...] bildet die Interaktions-Schnittstelle zwischen der Benutzerin und dem Kern des entsprechenden Programms[.]“<sup>91</sup>

Da es sich hierbei um ein Web-Frontend handelt, das von einem Web-Browser aufgerufen werden soll, hat die Programmierung mit den Standardtechnologien bzw. Auszeichnungssprachen für Web-Applikationen zu erfolgen. Die Daten, die durch das Frontend dargestellt werden, liefert das nachfolgend beschriebene Backend.

## Backend

Der Begriff Backend wird von Peter Fischer und Peter Hofer folgendermaßen definiert: „System, welches das Netzwerk im Hintergrund mit einer Dienstleistung versorgt, also meist ein Server im weiteren Sinn des Begriffs [...]“<sup>92</sup>

Im Falle des hier konzipierten Dienstes deckt das Backend also alle technischen Prozesse ab, die vom Nutzer nicht aktiv wahrgenommen werden, für die Funktion jedoch essentiell sind.

Aufgaben, die das Backend übernimmt sind unter anderem:

- **Datenbankbereitstellung und –Verwaltung:** Die Nutzerdaten sowie Einstellungen werden hier gespeichert.
- **Überwachung der Streams:** Die einzelnen Webradio-Streams werden durch Unterprozesse überwacht. Eine Meldung bei Statusänderung erfolgt an den zentralen Managementprozess, der diese Daten wiederum dem Frontend bereitstellt.

---

<sup>91</sup> Fischer, Peter/Hofer, Peter (2008): Lexikon der Informatik. 14. überarbeitete Auflage, Luzern (Schweiz), S. 95

<sup>92</sup> Fischer, Peter/Hofer, Peter (2008), S. 83

- **Ausführen der Aktionen bei Stille / Rückkehr zu Normalzustand:** Die Aktionen, die der Nutzer für einen Alarmzustand und die Rückkehr zum Normalzustand definiert hat, werden der Reihe nach ausgeführt.
- **Bereitstellung einer Verwaltungsoberfläche:** Eine Verwaltungsoberfläche für den Anbieter des Diensts ist essentiell. Hierüber sollen Protokollierung und Statistiken, Nutzerverwaltung und Zahlungsverwaltung erfolgen.
- **Bereitstellung des Frontend für den Nutzer:** Das Frontend wird mittels eines Webservers bereitgestellt

Das Backend soll zur Bewältigung dieser Aufgaben auf diverse Technologien zurückgreifen, die untereinander verzahnt werden müssen. Mindestens erforderlich ist hierbei ein Webserver, der das Frontend generiert und bereitstellt. Ebenso ist eine Datenbank erforderlich, die mittels Structured Query Language (SQL) definiert und abgefragt werden soll.

Zur Überwachung der Streams und dem zentralen Management sind Programme in einer standardisierten Programmiersprache nötig. Diese müssen zum einen auch eine Möglichkeit haben, mit der Datenbank zu kommunizieren, sowie zum anderen auch mit dem Webserver interagieren, bzw. diesem die benötigten Daten rechtzeitig bereitstellen.

Die eigentliche Überwachung der Streams soll hierbei durch kontinuierliche Auswertung des verbreiteten Inhalts erfolgen bzw. dessen Pegel. Der Unterprozess hängt sich hierbei als normaler Zuhörer auf den Stream-Server ein und wertet den Inhalt des Streams aus. Bei einem Abbruch des Streams soll zunächst versucht werden, die Verbindung erneut aufzubauen. Um Fehler durch den Anbieter vorzubeugen, sollte dies auch unter Anwendung einer anderen IP-Adresse geschehen. Schlägt dies fehl oder wird Stille innerhalb des Streams gemäß den spezifizierten Parametern festgestellt, erfolgt eine Rückmeldung an den zentralen Management-Prozess. Dieser löst dann die im Scheduler definierten Verfahren im Fall von Stille aus. Parallel wird im Falle eines Verbindungsabbruchs kontinuierlich versucht, die Verbindung erneut aufzubauen. Kann der Prozess erneut Signal im Stream feststellen oder sich wieder mit dem Stream verbinden, wird der Management-Prozess benachrichtigt. Dieser löst dann die im Scheduler definierten Verfahren bei Beendigung des Alarms aus.

Es ist weiterhin anzudenken, in den Katalog der Anforderungen an das Backend noch eine Instanz zur Selbstdiagnose aufzunehmen, die das System im Fehlerfall durch gezielte Neustarts wieder schnell in Gang setzen kann oder einen globalen Alarm für den Betreiber auslöst.

Eine grafische Aufbereitung der softwareseitigen Struktur findet sich in Anhang 7. Die Instanz zur Selbstdiagnose wurde hierbei nicht berücksichtigt. Das Backend wird von der Cloud zur Verfügung gestellt bzw. innerhalb dieser betrieben.

## 7.4 Bewertung

Die Vorteile des Cloud Computing lassen sich ideal nutzen, um den Dienst gemäß der Anforderungen zu gestalten. Allen voran sind hier nach C. Baun und nach Abschnitt 4 „Anforderungen an SDU“ aufzuführen: die geringe Störungsanfälligkeit, der Wegfall von notwendiger Hardware, einfache Skalierbarkeit je nach Bedarf sowie ein bedarfsorientiertes Kostenmodell.

Ebenso ist die Struktur des Diensts an sich praktikabel und die erweiterbaren Strukturen lassen Raum für weitere Funktionen.

Zeitgleich sind jedoch auch die Nachteile der Cloud zu bedenken: Bei einem großen technischen Ausfall seitens des Cloud-Anbieters oder einem Bankrott des Cloud-Anbieters ist man als Betreiber eines solchen Diensts relativ machtlos. Lediglich der Einsatz eines Backup-Anbieters ist hier eine sinnvolle Möglichkeit, dem entgegenzuwirken. Diese treibt jedoch die Fixkosten wiederum in die Höhe.

Weitere Funktionen sind zwingend nötig, um den Dienst wirtschaftlich zu betreiben. Der Kreis an potentiellen Kunden ist relativ klein. Um die Betriebskosten zu decken müssen diese so auf relativ wenige Kunden verteilt werden. Dies lässt Zweifel an der Wirtschaftlichkeit aufkommen. Um aber gerade kleinen Radiosendern einen Grund zu bieten, diesen Dienst zu nutzen, muss der Preis relativ niedrig gehalten werden. Eine Lösung hierfür wäre ein Kostenmodell, das je nach Nutzung von Zusatzfunktionen teurer oder günstiger wird.

Eine zusätzliche Anwendung ist auch im Bereich Audio over IP zu suchen. Wenn sich mittels dieses Diensts in einer lokalen Installation einzelne Streams des Audionetzwerks eines Funkhauses überwachen lassen, erschließt sich noch ein weiteres Anwendungsspektrum in einem wesentlich größeren Kundenbereich. So würde auch teure Hardware zur Leitungsüberwachung ganz eingespart werden. Hierfür muss der Dienst jedoch weiterentwickelt werden, um mit verschiedenen Audio over IP-Protokollen zurecht kommen zu können.

Die Möglichkeit, den Dienst zuverlässig in den Sendeweg einzubinden und als Umschalter oder als Havarie-Zuspieler zu nutzen besteht nicht oder nur indirekt, was den Konkurrenzprodukten weiterhin ihre Daseinsberechtigung lässt. Das wäre nur durch eigene mit der Cloud verbundene Hardware zu lösen. Die Entwicklung des



---

grundsätzlichen Diensts, sowie eventueller Zusatzfunktionen und Hardware, sind ebenfalls noch mit zusätzlichen Aufwendungen verbunden.

Dieser Dienst ist alles in allem also derzeit nur bedingt eine Alternative zur konventionellen SDU, hat jedoch mit entsprechend Kapital und Features die Möglichkeit sich zu einer vollwertigen Lösung zu entwickeln.

## 8 Schlussbetrachtung und Zukunftsausblick

Es lässt sich erkennen, dass die heutigen SDU den immer digitaleren und vielseitigeren Anforderungen eines modernen Funkhauses nur bedingt gewachsen sind. Auch wenn die Sendeabwicklung in einem Funkhaus noch immer von Menschen überwacht und durch verschiedenste spezialisierte Hardware abgewickelt wird, ist doch branchenweit ein Trend zu erkennen, in dem das Funkhaus der Zukunft immer digitaler wird. Gerade zukunftsweisende Technologien, wie die des Cloud Computing, sind weiter auf dem Vormarsch. Das konventionelle, durch eine Vielzahl an Ingenieuren und Technikern betriebene Funkhaus ist jedoch im Rückgang. Verstärkt drängen Webradio und individuellere Streamingangebote in den Vordergrund, die zudem auch immer kostengünstiger zu betreiben sind. Viele der heutigen Webradiostationen betreiben inzwischen ihre Sendekette rein digital.

Bei den SDU, die derzeit auf dem Markt angeboten werden und weltweit ihren Einsatz finden, ist jedoch eine angemessene Weiterentwicklung nicht wirklich erkennbar. Versuche von Herstellern wie Sonifex, aus bereits bestehender Hardware mit dem Beisatz "IP" und einem Netzwerkanschluss intelligentere Geräte zu machen, sind nur halbherzig umgesetzt und eher kurzfristig, da die SDU im Kern noch immer die selben Aufgaben inne hat und die gleichen Funktionen bietet wie bei ihrer Markteinführung.

Zudem haben sich die Verbreitungswege in ein weitaus vielfältigeres Umfeld gewandelt, als noch vor einigen Jahren: Webradio-Streams gehören inzwischen genauso zum Standard wie UKW, DAB+, DVB-C und DVB-S. Alle diese Verbreitungswege sollten überwacht werden, um allen voran den Anforderungen der Hörer, aber auch der Werbepartner sowie denen der Landesmedienanstalten zu genügen. Zur Überwachung dieser Verbreitungswege, insbesondere von Webradio-Streams sind konventionelle SDU jedoch meist zu teuer und der Betrieb zu komplex und hardwareintensiv.

Eine Weiterentwicklung der SDU ist nicht zu erwarten. Viel mehr ein Abdriften in die Überflüssigkeit, denn mehr und mehr übernehmen andere Geräte in der Sendekette, wie beispielsweise das logikgesteuerte Mischpult, die Kreuzschiene oder das Processing, die Aufgaben dieser Geräte. Gerade weil immer mehr Zuleitungen zu den Studios existieren und auch die Sendeabwicklung weitaus komplexer wird, ist die klassische SDU mehr und mehr als überflüssig zu betrachten.

Sofern kein neuartiges, ganzheitliches Konzept dieses doch sehr grundlegenden Elements einer Sendekette entsteht und umgesetzt wird, werden die SDU der Zukunft nurmehr selten speziell dafür dedizierte Geräte sein. Aus den Funkhäusern ganz verschwinden werden sie jedoch noch lange nicht.

## Literaturverzeichnis

Ballou, Glen (Hrsg.) et. al. (2015): Handbook for Sound Engineers. 5. Auflage, Burlington (USA) u.a.

Baun, Christian et. al. (2011): Cloud Computing, Informatik im Fokus. 2. Auflage, Karlsruhe

Böge, Wolfgang (Hrsg.)/Platzmann, Wilfried (Hrsg.) (2007): Vieweg Handbuch der Elektrotechnik. 4., überarbeitete Auflage, Wiesbaden

Braskamp, Lea (2011): Das Webradio als Substitution klassischer Hörfunk Medien - Gemessen am Konsumverhalten der Verbraucher. Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Medien

Dickreiter, Michael (Hrsg.) et al. (2013): Handbuch der Tonstudioteknik. 2 Bände, 8. Auflage, Konstanz u.a.

Fischer, Peter/Hofer, Peter (2008): Lexikon der Informatik. 14. überarbeitete Auflage, Luzern (Schweiz)

Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie (De Gruyter Reference). 2. verb. Auflage, München

Görne, Thomas (2011): Tontechnik. 3., neu bearbeitete Auflage, Hamburg

Szer, Benjamin (2014): Cloud Computing und Wissensmanagement: Bewertung von Wissensmanagementsystemen in der Cloud. Hamburg

Sächsisches Privatrundfunkgesetz (SächsPRG), Mai 2015

### Normen

DIN IEC 60268 Teil 2, August 1994, Elektroakustische Geräte - Allgemeine Begriffe und Berechnungsverfahren

DIN IEC 60268 Teil 3, März 2014, Elektroakustische Geräte – Verstärker

AES3-1-2009 (r2014), 2014, AES standard for digital audio — Digital input-output interfacing — Serial transmission format for two-channel linearly-represented digital audio data — Part 1: Audio Content, S. 5

## Internetquellen

Blitz, Paul (Hrsg.): Dead Air Detector.

[http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech\\_tips/techtip/art1.htm](http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech_tips/techtip/art1.htm) (Zugriff am 20.11.2016)

Broadcast Tools (Hrsg.): AES Switcher Sentinel ® 4.

<http://broadcasttools.com/product/four-input-aes-audio-switcher/> (Zugriff am 24.12.2016)

Greissing Engineering (Hrsg.): <http://www.greissing.at/produkte.htm> (Zugriff am 03.12.2016)

Leuker, Hendrik: Kochblogradio: Radio für Geniesser. In Radioszene,

<http://www.radioszene.de/84782/kochblogradio.html> (Zugriff am 14.11.2016)

Musikhaus Thomann (Hrsg.): Sonifex Redbox RB-SD1

[http://www.thomann.de/de/sonifex\\_redbox\\_rbsd1.htm](http://www.thomann.de/de/sonifex_redbox_rbsd1.htm) (Zugriff am 03.12.2016)

Orban (Hrsg.): Optimod-FM 5500, 5700, 8600MPX and 8600S Comparison.

<http://www.orban.com/orban/products/brochures/Optimod%205500,%205700,%208500S,%208600,%208600S%20compared.pdf> (Zugriff am 23.12.2016)

Pira.CZ (Hrsg.): Pira CZ Silence Detector. <http://pira.cz/show.asp?art=silence> (Zugriff am 21.11.2016)

Sonifex (Hrsg.): Sendeausfall-Detektor RB-SD1 (Modulationswächter).

[http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1\\_id.shtml](http://www.sonifex.co.uk/de/redbox/rbsd1_id.shtml) (Zugriff am 16.11.2016)

Sonifex (Hrsg.): Silence Detectors.

<http://www.sonifex.com/category/silence/index.shtml> (Zugriff am 16.11.2016)

Westdeutscher Rundfunk (Hrsg.): Budget 2016. [http://www1.wdr.de/unternehmen/der-](http://www1.wdr.de/unternehmen/der-wdr/serviceangebot/services/infomaterial/finanzen-budget-100.pdf)

[wdr/serviceangebot/services/infomaterial/finanzen-budget-100.pdf](http://www1.wdr.de/unternehmen/der-wdr/serviceangebot/services/infomaterial/finanzen-budget-100.pdf) (Zugriff am 14.11.2016)

Ward-Beck System (Hrsg.): [POD25] Dual Channel Analog Audio Silence Detector.

<http://ward-beck.com/all/browse-by-product-function/silence-detectors/dual-channel-audio-silence-detector.html> (Zugriff am 3.12.2016)

**Statistiken**

Bitkom (Hrsg.): Nutzung von Cloud Computing in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2015 nach Unternehmensgröße. In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/305563/umfrage/einsatz-von-cloud-computing-in-deutschen-unternehmen-nach-groesse/> (Zugriff am 24.11.2016)

BLM, BVDW (Hrsg.): Anzahl der Webradioangebote in Deutschland in den Jahren 2006 bis 2016. In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/20052/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-webradioangebote-in-deutschland-seit-2006/> (Zugriff am 12.11.2016)

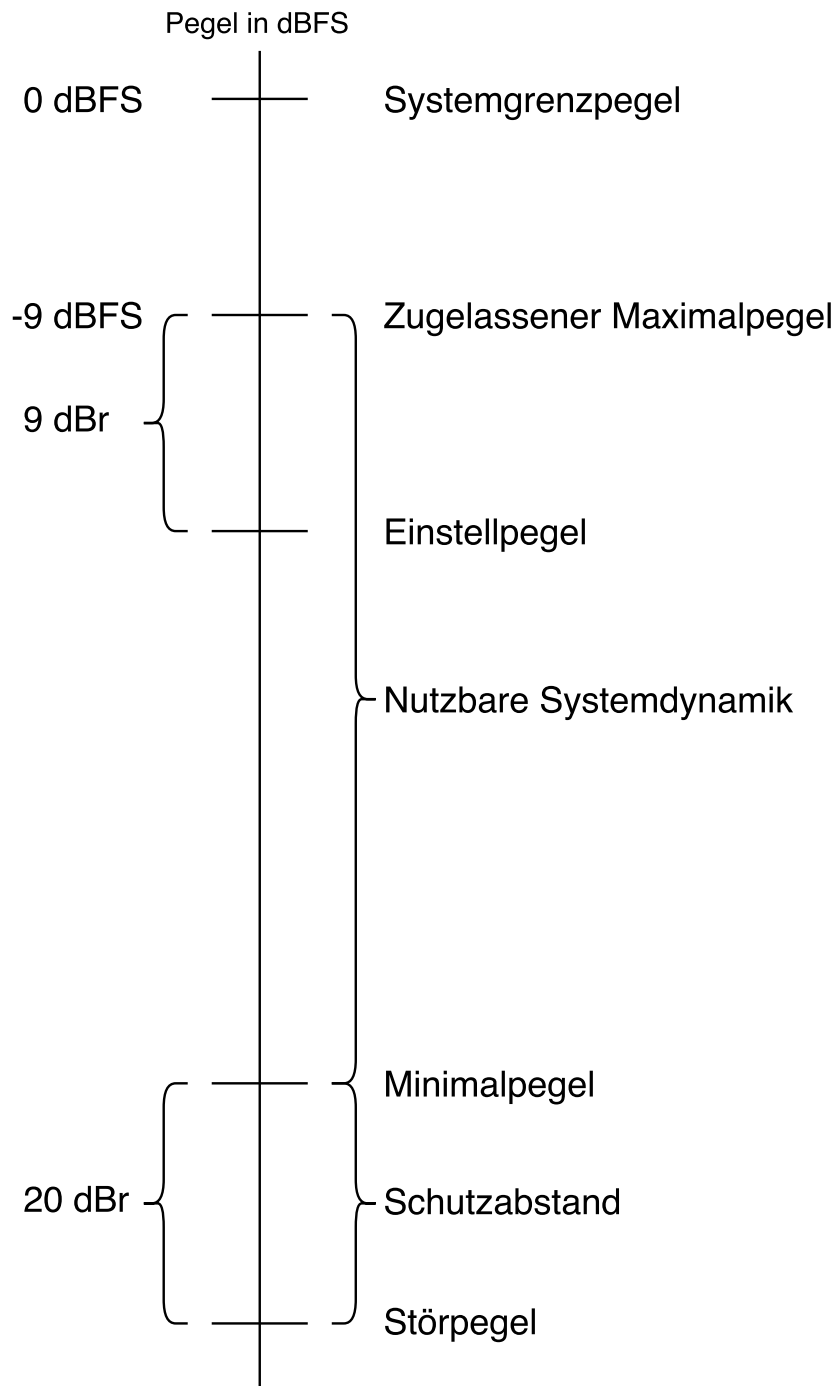
Horizont (Hrsg.): Anzahl der Visits ausgewählter Webradio- und Audioportale in Deutschland im Februar 2015 (in Millionen). In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/413481/umfrage/ausgewaehlte-webradio-und-audioportale-nach-visits-in-deutschland/> (Zugriff am 12.11.2016)

VPRT (Hrsg.): Entwicklung der Nettoumsätze mit Radiowerbung in Deutschland in den Jahren 1997 bis 2015 und Prognose für 2016 (in Millionen Euro). In Statista - Das Statistik-Portal, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/204204/umfrage/entwicklung-der-nettoumsaetze-mit-radiowerbung-seit-1997/> (Zugriff am 15.11.2016)

## Anhang 1

### Pegolverhältnisse in Digitalen Systemen (schematisch)

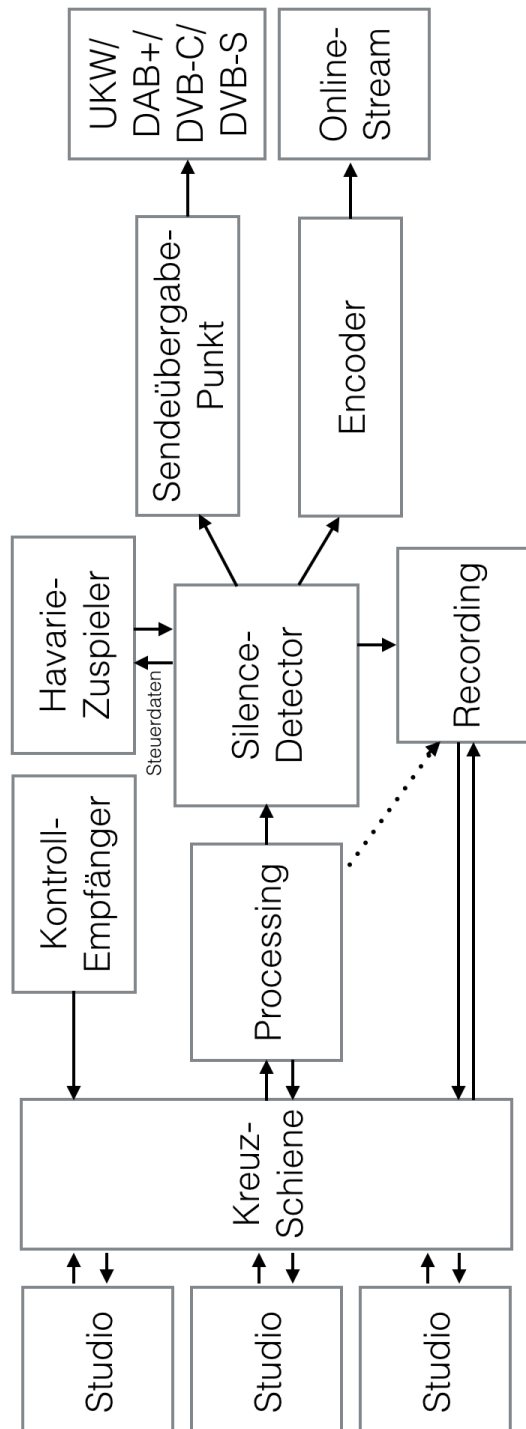
Nach Michael Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik



Nach: Dickreiter, Michael (2013), S. 1227

## Anhang 2

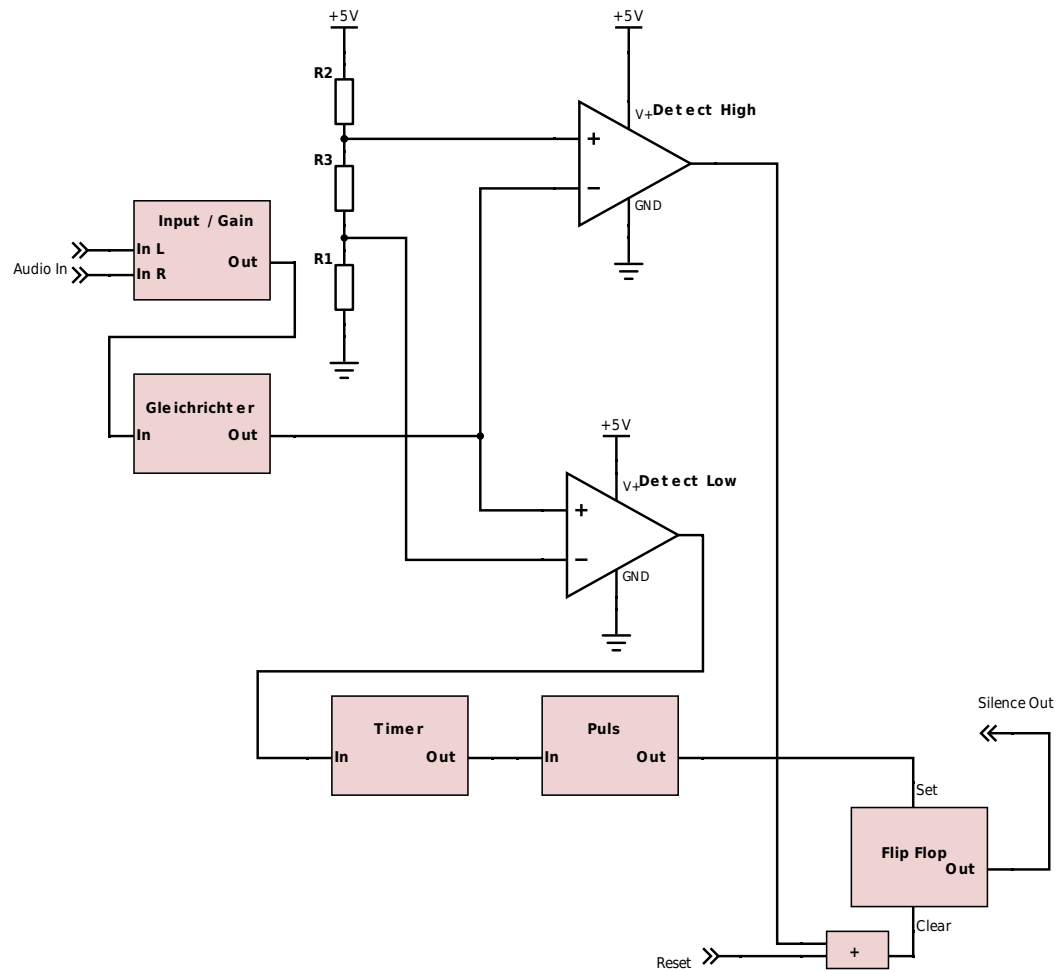
### Darstellung eines Sendewegs (Schematisch)



Nach: Friesecke, Andreas (2014), S. 817 ff. und Dickreiter, Michael (2013), S. 1007 ff.  
sowie mit Einarbeitung weiterer Ergänzungen des Autors

## Anhang 3

### Analoge SDU (Prinzipschaltbild)



Nach: Blitz, Paul (Hrsg.): Dead Air Detector.

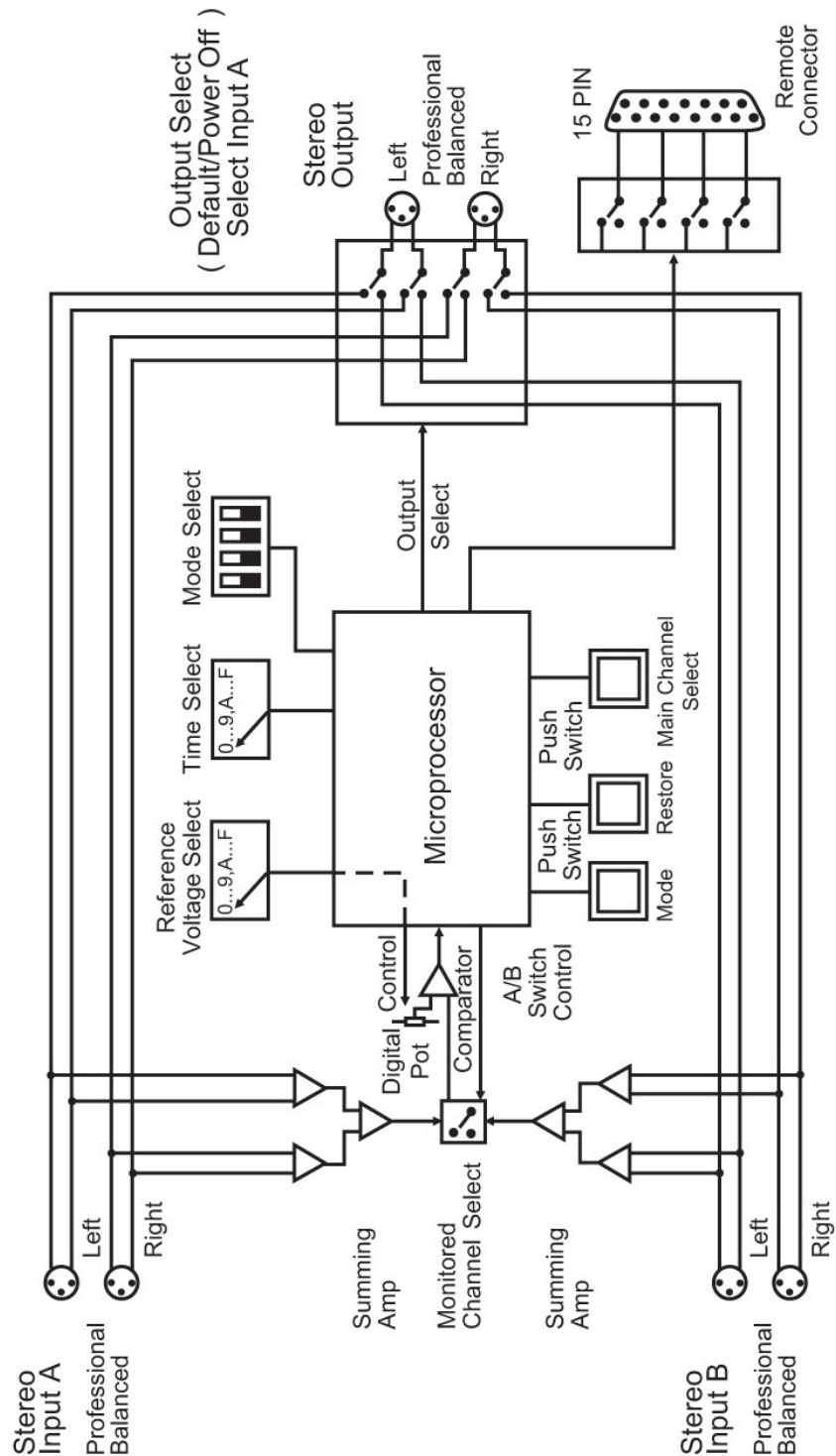
[http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech\\_tips/techtip/art1.htm](http://www.blitzfamily.eclipse.co.uk/paulblitz.co.uk/tech_tips/techtip/art1.htm)

(Zugriff am 20.11.2016)



## Anhang 4

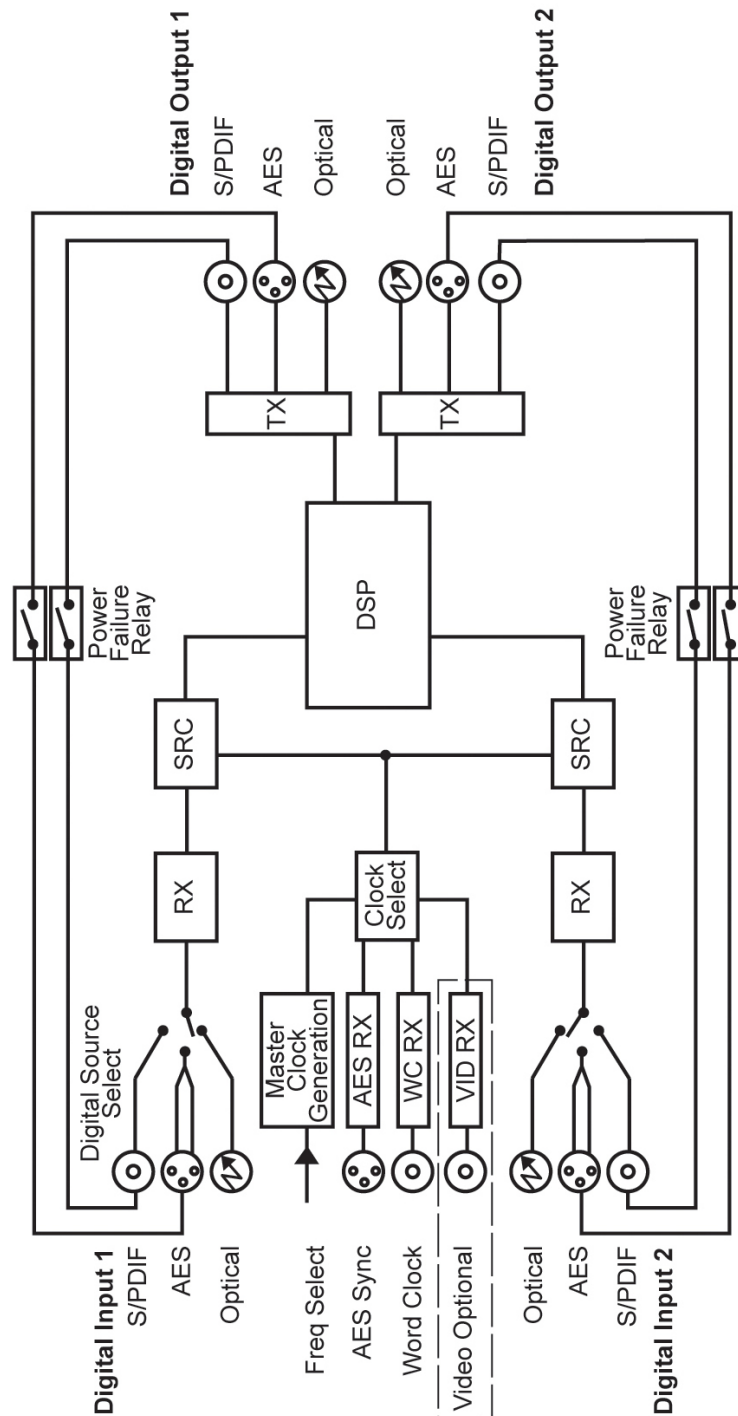
### Sonifex RB-SD1 Blockschaltbild



Sonifex (Hrsg.): Blockschaltbild RB-SD1. [http://www.sonifex.co.uk/company/logos-images/productimages/redbox/rb-sd1\\_block\\_diagram\\_300dpi.jpg](http://www.sonifex.co.uk/company/logos-images/productimages/redbox/rb-sd1_block_diagram_300dpi.jpg) (Zugriff am 16.11.2016)

## Anhang 5

### Sonifex RB-DSD1 Blockschaltbild

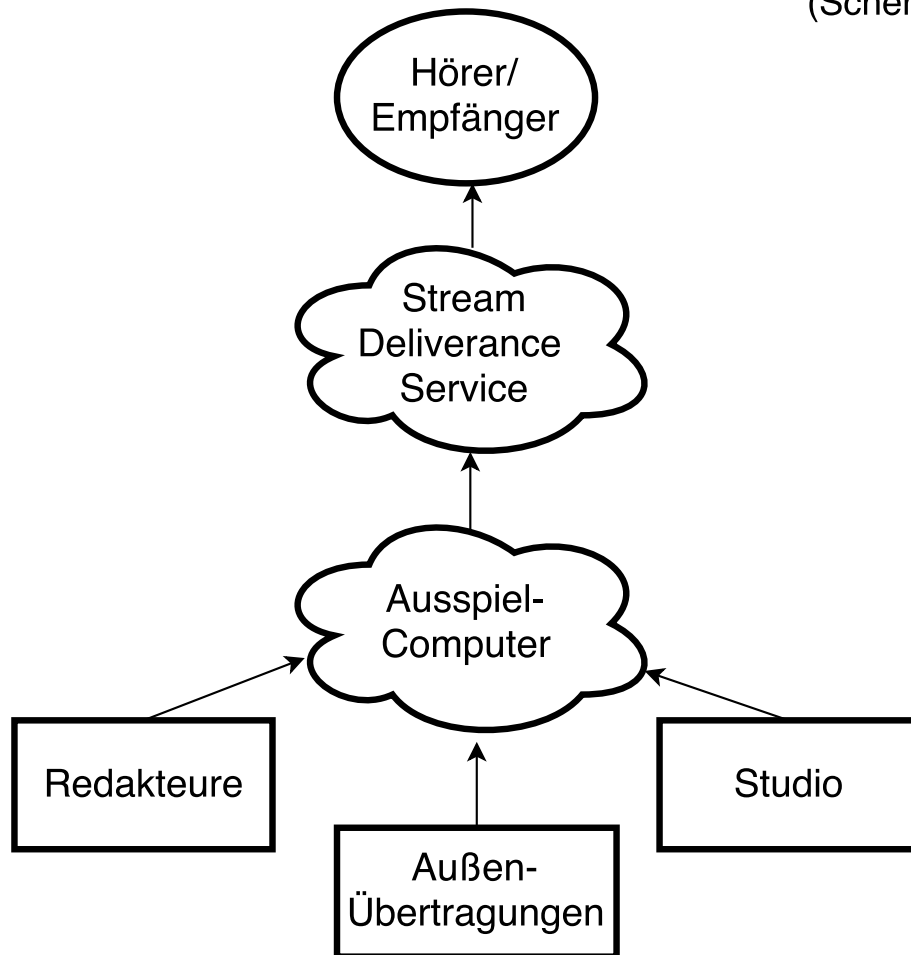


Sonifex (Hrsg.): Blockschaltbild RB-DSD1. [http://www.sonifex.co.uk/company/logos-images/productimages/redbox/rb-dsd1\\_rb-dd4\\_rb-dmx4\\_system\\_diagram.jpg](http://www.sonifex.co.uk/company/logos-images/productimages/redbox/rb-dsd1_rb-dd4_rb-dmx4_system_diagram.jpg) (Zugriff am 16.11.2016)

## Anhang 6

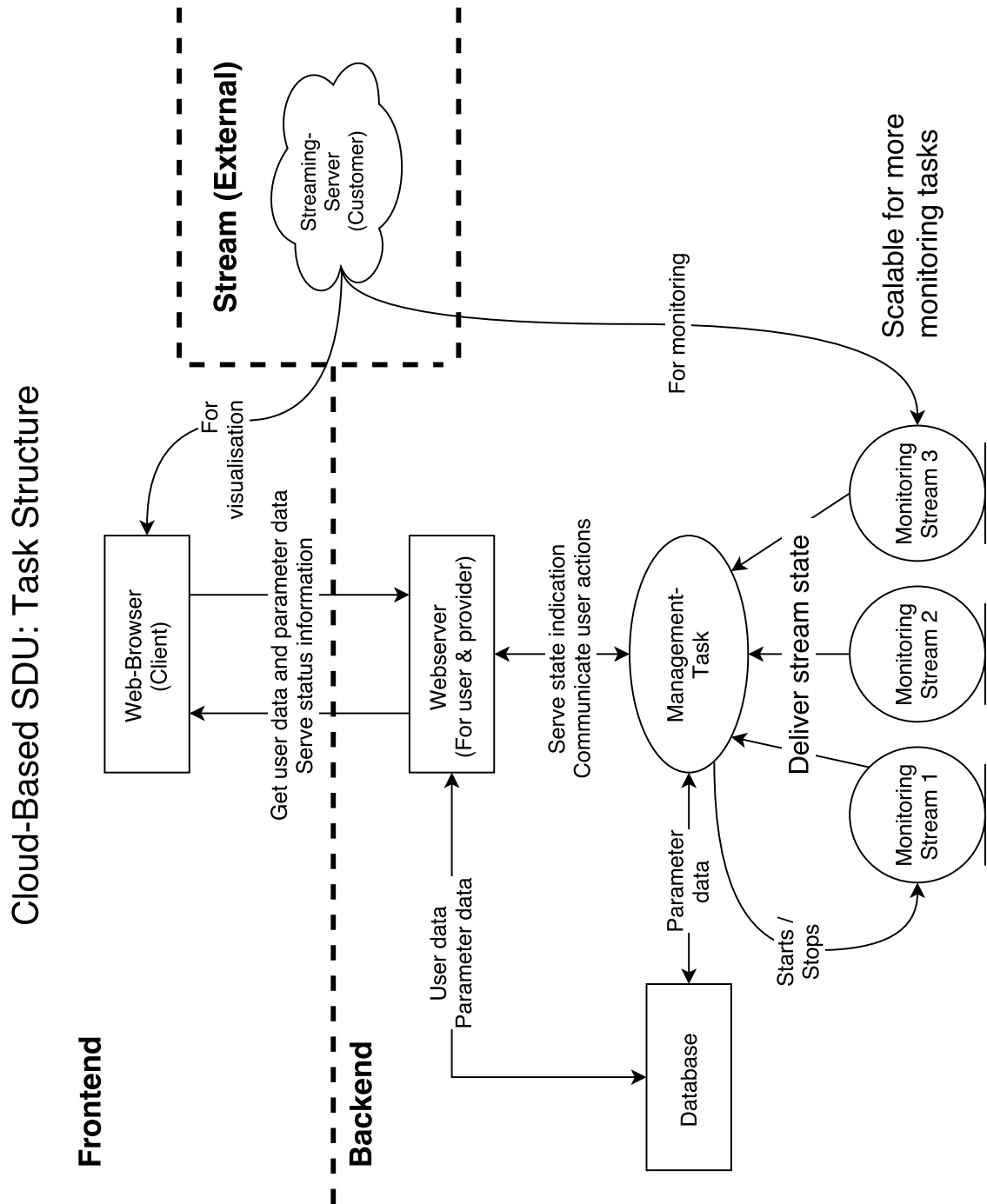
### Cloudbasierte Sendeabwicklung bei *Kochblogradio.de*

(Schematisch)



Erstellt durch den Autor nach Aussagen im persönlichen Gespräch mit Dr. Tim Faber  
am 6.12.2016

## Anhang 7



## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, Datum

Marc Herrmann